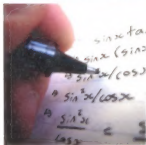


# موسوعة كنوز المعرفة



## كيمياء

المجلد الأول

إشراف

الدكتور إميل بديع يعقوب

والرئيس عبدو



PDF مكتبة نرجس

[www.narjes-library.blogspot.com](http://www.narjes-library.blogspot.com)



الكيمياء

المجلد الأول

تأليف:

الدكتور نزار شفيق حمود

جامعة دمشق - كلية الطب

دار نظير عتود

**دار نظير عبود**  
للطباعة والنشر والتأليف والترجمة والتوزيع

ص.ب: ٨٠٦٩٦

هاتف: ٨٩٠٠٠٩

جوليه - لندن

**جميع الحقوق محفوظة**

لا يجوز نسخ أو استعمال أي جزء من هذا الكتاب في أي شكل من الأشكال دون إذن خطي من الناشر.

**(الطبعة الرابعة)**

أيلول ٢٠٠٢

**التنفيذ والإخراج والتصوير**  
بروفيسور آل برينتنج بروداكشن ش.م.م



إذا نظرنا إلى الكون المحيط بنا لوجدناه مليئاً بأنواع لا حصر لها ولا عد من الأشكال والظواهر المختلفة، ولوجدنا أن لا مناص للإنسان إذا أراد أن يتعرف على هذا العالم المثير والمدهش، القائم بوجوده وعدمه، من أن يتبع منهج الملاحظة العلمية والقياس ومراكمـة الأفكار والمفاهيم كي يصبح قادراً على إحداث التغيرات التي يطمح إليها.

ينتمي علم الكيمياء - ضمن منظومة العلوم المختلفة - إلى فئة العلوم الطبيعية كونه يهدف في جوهره إلى دراسة ظواهر ومواد الطبيعة وكيفية استخدامها والانتفاع منها. وفي واقع الأمر، بدأت صناعة الخزف والفخار منذ آلاف السنين وتعلم الإنسان كيفية الحصول على المعادن من مكائنها الطبيعية باستخدام طاقة احتراق الخشب والفحم الحجري لصهر وتنقية هذه المعادن ولصناعة السيراميك والزجاج. وقد كان ذلك للمرة الأولى في الصين وبلاد ما بين النهرين منذ ما يقارب ٣٥٠٠ عاماً قبل الميلاد.



نقطة حلي مصنوعة من الذهب والفضة والنحاس. تشير إلى مدى تقدم صناعة التعدين في منطقة الهلال الخصيب (٣٣٠٠ - ٣٥٠٠ قبل الميلاد - تل براك) محفوظة في متحف حلب - سورية.



لقد ظهرت أولى النظريات الكيميائية في مصر، التي تشير كل الدلائل إلى أنها كانت انهد الذي احتضن هذا العلم فور ولادته. وفي حوالي ٥٠٠ - ٦٠٠ ق.م. انتقلت شعلة الكيمياء إلى اليونان الذي شارك عدد من فلاسفته في هذا المضمار كأرسطو Aristotle الذي قال بأن كل الأشياء في العالم تتألف من أربعة عناصر هي (الأرض والهواء والنار والماء). أما ديمقريطس Democrite فكان أول من قال بأن المادة تتألف من ذرات متناهية في الصغر لا ترى بالعين المجردة. كما أسهم العرب الأوائل بالكثير من الإنجازات الكيميائية التي سوف نـ موجز. إلا أن ازدهار الكيمياء الحديثة القائمة على المعطيات ان العامة المبهمة، لم يبدأ إلا بعد ذلك بمئات السنين. ففي القرن الـ الطبية الكيميائية على يد الطبيب السويسري بارازيلس Paracelsus كتب يقول «إن الهدف من الكيمياء يكمن في تحضير الأدوية». كل المواد بما في ذلك الكائنات الحية تتألف من الأملاح (الجـ

استخرج الباحث الكيميائية من الكيميائي هينغ استخراجا للفور



العالم الفرنسي غي - لوساك  
Gav-Lussac



العالم الفرنسي لافوازييه  
Lavoisier

الكلية) والكبريت (الروح)، ولا ينتج المرض إلا جراء عوز الجسم لأحد هذه العناصر. ومن هنا فبالإمكان معالجة المرض بإعطاء الجسم الحي العنصر الذي يفتقده. لقد اشتهرت هذه الفترة من تطور الكيمياء والطب (القرن السادس والسابع عشر) باسم كيمياء الأطباء Iatrochimie (من اللاتينية: Iatro = طبيب). كما بدأ تطور الاتجاه الصناعي في علم الكيمياء في ذلك الزمن أيضاً.



العالم الفرنسي جوزيف بروست  
Joseph Louis Proust

في النصف الثاني من القرن السابع عشر قام الباحث الإنكليزي بويل Boyle (١٦٢٧ - ١٦٩١) ولأول مرة بإطلاق مفهوم وحدة منشأ المركبات الكيميائية. كما قام بوضع مصطلح العنصر وتنظيم ومنهجة التحليل النوعي أو الكيفي وحاول شرح عمليات الاحتراق والتأكسد. وبذلك خرج علم الكيمياء في أوروبا الفارقة في ظلام العصور الوسطى آنذاك. من وصمة السحر والشعوذة التي كان يرزح تحتها، وتحول إلى علم معترف به (سبقه إلى ذلك العرب بنحو ألف عام على يد أبو الكيمياء جابر بن حيان (٧٣٠ - ٨١٥ م) يهدف ليس إلى تحويل المعادن إلى ذهب، بل إلى اكتشاف العالم المحيط واستشفاف مكونات أسرار.



العالم الروسي مندليف  
Mendeleev

بعد بويل Boyle ظهر إلى النور علم كيمياء الغازات الذي تمت أهم اكتشافاته على يد الباحث غي - لوساك Gay-Lussac الذي اكتشف قوانين الغازات الأساسية وفي عصره صُنعت الأجهزة الخاصة بتجميع ودراسة الغازات واستُخلص الأكسجين والأزوت والكلور وأول وثاني أكسيد الكربون.

في بداية القرن الثامن عشر قام الطبيب والكيميائي الألماني شتال Stahl (١٦٥٩ - ١٧٣٤)، الذي كان يقوم بالأبحاث حول طبيعة النار بابتكار نظرية «مادة النار» التي استمرت مُعترفاً بها نحو ٥٠ عاماً كاملة. وقد اعتبر هذا

الباحث أن مادة النار عبارة عن مادة أساسية موجودة في كل المواد القابلة للاحتراق وهي تنطلق منها أثناء عملية الاشتعال. ووفقاً لمبادئ هذه النظرية فإن المعادن عندما تفقد «مادة النار» الموجودة فيها تتحول إلى كلس يمكن له إذا أضيفت إليه «مادة النار» مرة أخرى أن يتحول إلى معدن مرة أخرى. لقد سمحت هذه النظرية بالتححر النهائي من مفاهيم أرسطو Aristote التي ما انفكت تجدل لها مؤيدين في ذلك الزمن. إلا أنه كلما تقدمت دراسة خواص المواد كلما ظهرت التناقضات الحادة. ولم تستطع نظرية «مادة النار» - بطبيعة الحال - الصمود طويلاً أمام الاكتشافات الكيميائية الجديدة فتحولت إلى نظرية معيقة عملياً للتقدم الحاصل في مجال الكيمياء. وقد تم القضاء نهائياً عليها على يد العالم الروسي لومونوسوف Lomonossov (١٧١٣ - ١٧٦٥) وبعد ذلك بفترة وجيزة على يد العالم لافوازييه Lavoisier الفرنسي (١٧٤٣ - ١٧٩٤) اللذان قاما بإثبات أن الاحتراق هو عملية تفاعل كيميائي بين المادة و«دقائق الهواء» التي تبين فيما بعد أنها ذرات الأكسجين.

لقد استعمل لومونوسوف Lomonossov ولأول مرة طرق البحث الكمية لدراسة التفاعلات الكيميائية وقام بكتابة قانون انحفاظ الكتلة (١٧٤٨) الذي يؤكد على أن كتلة المواد الداخلة في التفاعل هي نفسها كتلة المواد الناتجة عن هذا التفاعل. وقد قام هذا القانون بدور رئيسي في إحداث التطور اللاحق الذي حصل على صعيد النظرية الذرية - الجزيئية في الكيمياء. وهكذا تحولت الكيمياء إلى علم دقيق يقوم على التجربة، ويستطيع التنبؤ بالظواهر المختلفة قبل حدوثها.

بعد ذلك قام الباحث الكيميائي الفرنسي بروسث Proust (١٧٥٤ - ١٨٢٦) بوضع قانون «ثبات البنية» الذي يقول بأن كل مادة كيميائية وبغض النظر عن طريقة الحصول عليها تتمتع ببنية ثابتة دائماً.

أما العصر الحديث في عالم الكيمياء فقد بدأ على يد العالم الروسي مندلييف Mendeleïev الذي وضع في عام ١٨٦٩ القانون الدوري للعناصر الذي يدعى كذلك الجدول الدوري. هذا الإنجاز الباهر الذي يعتبر أحد الأسس الهامة التي قامت عليها العلوم المعاصرة جميعاً. يقول هذا القانون بأن خواص العناصر والمواد المعقدة والبسيطة المشكلة

منها تخضع لعلاقات دورية تبعاً للأوزان الذرية العائدة لها.

لقد تحولت فوضى المعلومات المتناقضة أحياناً المتعلقة بصفات وخصائص المواد الكيميائية والمركبات الناجمة عنها، إلى نظام دقيق للغاية، إذ سمح القانون الدوري ببناء نظام متدرج دوري يدمج في وحدة متكاملة كل العناصر. وبالإمكان القول بأن كل نجاحات الكيمياء المعاصرة والفيزياء الذرية بما في ذلك الطاقة الذرية واصطناع العناصر التركيبية، لم تكن لتصبح حقيقة واقعة دون اكتشاف جدول مندلييف الدوري.

لقد أصبح علم الكيمياء في نهاية قرننا العشرين هذا، علماً ضخماً هائل الحجم والمعلومات وأصبح لا بد من تقسيمه إلى عدة اختصاصات أكثر دقة وأقل حجماً لتسهيل البحث فيه فكان أن قُسمَ هذا العلم إلى الكيمياء اللاعضوية chimie inorganique والكيمياء العضوية chimie organique التي تضم تحت لوائها الكيمياء الحيوية biochimie والرؤية biochimie clinique، تبعاً لطبيعة المادة المدروسة. وهناك الكيمياء الفيزيائية physico-chimie التي تحاول تفسير الظواهر الكيميائية على أسس القواعد الفيزيائية والمعطيات التجريبية وهي تضم الكيمياء الكوانتية chimie quantique والكهربائية Electrochimie والحرارية Chimie-cinetique أما الكيمياء التحليلية Chimie analytique والغروانية Chimie des Colloides فقد درج العلماء على اعتبارهما علمين قائمين مستقلّين بحد ذاتهما.



الباب الأول  
الكيمياء عند العرب





## الجدور

والمسمازية والأبجدية وأول الصناعات  
التعدينية، دوراً هاماً وكبيراً في ولادة مسيرة  
العلوم الأولى التي تقع الكيمياء في  
مقدمتها.

ولسنا نعلم على وجه اليقين من قام بتأسيس  
علم الكيمياء، أهم

المصريون أم  
السومريون أم  
البابليون أم  
الفينيقيون؟ أم أن هذا  
العلم جاء محصلةً  
تقنيةً لجهود كل هذه  
الأقوام مجتمعة!!  
وهو الأمر الأغلب  
والأقرب للصحة  
والمنطق. إلا أنه من  
الثابت أن للمصر:

مشعل الحضارة مشعل متنقل من يد  
لأخرى ومن شعب لآخر. لا يكاد ينطفئ  
في ناحية ليشتعل ولفوره في أخرى تبعاً  
لتقلبات التاريخ وواقع النصر والهزيمة،  
سواء أكان ذلك على صعيد السيف والدم  
أم على صعيد القلم  
والوعي.

من هذه الحقيقة  
البسيطة السهلة،  
ونظراً لأن التاريخ قد  
أبصر النور بين  
جنابات وطننا العربي.  
فلا بد لأي كان من  
أن يستنتج أن لشعوب  
هذه المنطقة التي  
شهدت فجر  
الكتابات التصويرية



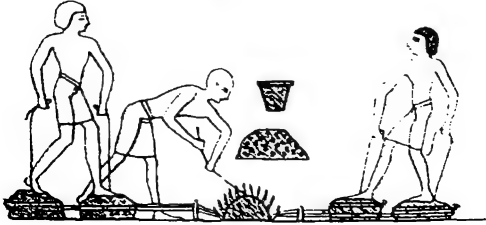
القدماء بدأً علياً في هذا المجال نظراً لما وجد  
 نديهم من برديات علمية كثيرة فيها  
 معلومات كيميائية تتعلق بالتحنيط وسواء  
 من العمليات التي كانوا يمارسونها يومياً.  
 وفي واقع الأمر، برع قدماء المصريين في  
 بعض الصناعات كاستخراج العطور  
 والسكر والزيت والخمور وصناعة الزجاج  
 وتلوينه ودباغة الجلود بأنواعها المختلفة  
 وصناعة الطلاء والأصبغة. كما كان لهم  
 دور عظيم في تحضير بعض أنواع السموم  
 والأدوية، وصناعة التعدين كتعدين الذهب  
 والنحاس الذي كانوا يستخرجونه بإرجاع  
 كربون النحاس بواسطة الفحم.  
 وقد كان قدماء المصريين دقيقين في أعمالهم  
 الكيميائية، يستخدمون الموازين والمكاييل  
 ويصفون نسب المواد الداخلة في  
 محضراتهم لعمل بعض الأدوية والسموم،  
 الأمر الذي يعتبر محاولات بدائية أولية  
 لأصول المنهج التجريبي الاستقصائي.  
 وليس أدل على براعتهم في مجال الكيمياء



إلا شبه الإجماع الذي توصل إليه الباحثون  
في مجال تاريخ العلوم والذي يقول بأن  
أصل كلمة كيمياء هو مصري فرعوني  
قديم. يقول إدوارد ثورب في كتابه «تاريخ  
الكيمياء»: «إن كلمة كيمياء مأخوذة من شم  
«Chema» ويقصد بها الأرض السوداء.  
ومعروف أن قدماء المصريين كانوا يسمون  
أرضهم كمت «Kam It» ومعناها الأرض  
السوداء. وكلمة كم تعطي مدلولاً أن أرض  
مصر أرض خصبة غنية في إنتاجها. وقد  
حور تحويراً بسيطاً في كلمة «كم» حتى  
أصبحت كيمياء وهي التي تعطي معنى



إنتاج الأوعية الفخارية في مصر القديمة



استخلاص المعادن من الفلز الصخري والفحم الحجري - يتم نفخ الهواء في حجرة الصهر بواسطة القرب الجلدي.



الصنعة» كما يقول أ.ج. هوليمار في كتابه «المبدعون في علم الكيمياء»: «إن كلمة الكيمياء عربية الأصل، إذ إن علماء العرب والمسلمين هم أول من أعطى علم الصنعة اسم علم الكيمياء، التي يقال لها بالإنكليزية Chemistry وبالفرنسية Chimie وبالإسبانية Al-chemie والراجح أن أصل هذه الكلمة مأخوذ من الكلمة المصرية القديمة كيمت Kam-iti التي كان يطلقها العرب على أرض مصر».

وللأسف، على الرغم من كل هذا الازدهار الذي كان عليه علم الكيمياء في عهد المصريين القدماء نرى أن معظم ذلك التراث العظيم قد فُقد في دوامة التاريخ بسبب التصرفات اللامسؤولة التي كان يقوم بها حكام مصر الذين تعاقبوا على السلطة فيها. ومن ذلك أن مجموعة كبيرة من البحوث الكيميائية فُقدت بسبب قرار الامبراطور الروماني ديو كليس Diocles Diocletianus (٢٤٥ - ٣١٣ م) في سنة ٢٩٠ ميلادية الذي أمر بموجبه بتدمير جميع البحوث الكيميائية في جميع أنحاء الامبراطورية حتى لا يستطيع أحد جمع ثروة تمكنه من القيام بثورة ضده. إذ إن الكيمياء كانت في وهم الناس في ذلك العصر، العلم الذي يمكن عن طريقه تحويل

المعادن الرخيصة الى ذهب وفضة. بعد هذه المرحلة التي تُعتبر المرحلة الأولى الأكثر قدماً في تاريخ الكيمياء، انتقلت شعلة هذا العلم إلى اليونان إلا أنها لم تسطع بنورها الوضاء إلا في الإسكندرية على أرض مصر نفسها. إذ برزت الإسكندرية أثينا في هذا المجال لأن دور اليونان في حقل الكيمياء كان ضئيلاً، الأمر الذي يُفسر بسهولة على ضوء اهتماماتهم الكبيرة في حقل الفلسفة والهندسة. كما أن الرومان من بعدهم لم يتطرقوا لعلم الكيمياء إيماناً منهم بأنه مليء بالخرافات. وبقي كل من اليونان والرومان يتداولون بعض الأفكار الصبغانية التي ورثوها عن علماء مصر وبابل. وقد دامت هذه الحال إلى بدء العهد الجديد في تاريخ

الكيمياء وهو عهد الفتوحات الإسلامية وتوحيد القبائل العربية تحت راية واحدة وصلت بهم إلى قمم جغرافية وعلمية لم يصلوا إليها من قبل قط. وقد نهل العلماء الأوائل منهم من مصادر رئيسية هي:

(١) فارسية - وراثتها الحكيم حاماسف أو حاماسب. يشير إلى ذلك ابن السديم والطغرائي.

(٢) مصرية قبطية - في العصر اليوناني ونخص بالذكر من روادها:

أ - زوسيموس (Zeusime). يشير إليه الرازي في كتابه «سر الأسرار» وهو من بلدة أخميم في صعيد مصر التي ازدهرت مدرستها في القرن الرابع الميلادي.

ب - مارية القبطية. يذكرها الرازي وابن السديم. كما عدها الطغرائي من مشاهير الحكماء ومن أرباب التصانيف في الصنعة الحكيمة. لعلها (النويري في نهاية الأرب).

ت - بليناس (Balinas Appolonius de Tyane) (٢٣ - ٧٩ م). ذكره جابر بن حيان في كتابه (الأحجار على رأي بليناس) وذكره التيفاشي في كتابه (عن الجواهر والأحجار الكريمة).

ولم يمض قرن واحد فقط من الزمن بعد فجر الإسلام إلا وترجمت الكتب الكثيرة

في حقل الكيمياء بواسطة مترجمين يونان وسريان وفرس.

وكانت بغداد مركزاً للحركة الفكرية وملتقى العالم التحضر في ذلك الوقت.

يقول جابر الشكري في كتابه «الكيمياء عند العرب»: يقول مؤرخو العالم إن الكيمياء ولدت في مصر وتبنتها مدرسة الإسكندرية ثم احتضنتها بغداد فأحسنت تربيتها وأوصلتها إلى مرتبة جلييلة من مراتب الفكر والمعرفة ثم هاجرت من بغداد إلى الغرب.

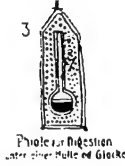
لقد برز في حقل علم الكيمياء علماء أفذاذ مثل جابر بن حيان وابن سينا والجلدكي والمجريطي (المديدي) وغيرهم.

إلا أن الأمير الأموي خالد بن يزيد بن معاوية (مات عام ٧٠٤ م) كان أول من أشاع الصنعة بين العرب والمسلمين باستقدامه علماء في الصنعة من مدرسة الإسكندرية كان على رأسهم ماريانوس (Marianus) وطلبه منهم أن يعلموه سر الصنعة ثم حملهُ إياهم على نقل الكتب من اللسان اليوناني والقبطي إلى العربية. وكل ذلك لمعرفة كيفية الحصول على الذهب من المعادن الأخرى.

كما يعتبر الإمام جعفر الصادق ثاني المشتغلين في الكيمياء، وعلى أي حال، فإن خالد والإمام جعفر يعتبران المشعل الذي أضاء لجابر بن حيان والرازي وغيرهما طريق البحث والتجربة.

## إنجازات الكيميائيين العرب

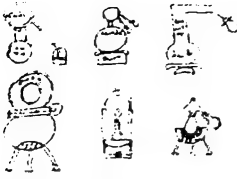
- وُفّق العرب إلى اكتشافات علمية وتركيبات كيميائية هامة. بالرغم من محاولتهم - كما حاول الذين من قبلهم - كشف الإكسير الذي يهب الحياة ويعيد الشباب، ومعركة حجر الفلاسفة الذي يحول المعادن إلى ذهب. ومن هذه المكتشفات الهامة نذكر ما يلي:
- حمض الآزوت  $\text{HNO}_3$  وهو حمض قوي، يستعمل في صناعات مختلفة.
  - الماء الملكي EAU REGALE، وهو مزيج كيميائي متعادلة حجماً من حمض الآزوت



صورة بعض الأجهزة الكيميائية مأخوذة من مخطوط سوري قديم.

- ١ - الألبيق (جهاز لتقطير السوائل)
- ٢ - حجرة للغلي الطويل والمستمر
- ٣ - فيالة (دورق) للغلي الطويل في وعاء خاص بها يدعى بالجرس
- ٤ - جهاز التصعيد
- ٥ - فيالة (دورق) للغلي الطويل مع ملحقات خاصة بتركيز المواد
- ٦ - جهاز للحرق والتكليس
- ٧ - جهاز خاص بالتسخين مجهز لإبقاء المواد ساخنة على دفة معدنية أثناء العمل
- ٨ - المعوجة، جهاز خاص بالتسخين العالي جداً للمعادن والخزف

- وحمض الكلور. وهو وحده، بين سائر الحموض، يستطيع أن يتفاعل مع الذهب.
- ماء الذهب، وهو ملح ناجم عن تفاعل حمض الكلور المتوافر في الماء الملكي مع الذهب.
- حمض الكبريت  $H_2SO_4$  وهو أحد الحموض القوية وأكثرها استخداماً في الصناعة.
- الصودا الكاوية  $NaOH$ ، وهو جسم أبيض كاو يُستعمل اليوم في صناعة الصابون والحريز الاصطناعي وسوى ذلك.
- كربونات الصوديوم  $Na_2CO_3$  وكربونات البوتاسيوم  $K_2CO_3$ .
- اكتشف العرب الزرنيخ ARSENIC وهو جسم يتصعد بحرارة  $400^\circ$  درجة مئوية، وإذا تأكد يصبح ساماً.
- اكتشفوا الأثمد ANTIMOINE، الذي يستخدم اليوم في مزج المعادن، ولا سيما حروف المطبعة.
- اكتشفوا الكحول وحضروها إما مباشرة من المواد السكرية، وإما بطريقة غير مباشرة تقوم على تحويل المواد النشوية الى مواد سكرية، ثم تحويل هذه الأخيرة إلى كحول. فالعرب عرفوا إذاً التخمر FERMENTATION.
- القلويات LES ALCALIS، وهي ذات خصائص شبيهة بخصائص الصودا والبوتاس.
- النشادر: وهو أحد المركبات الآزوتية.
- نترات الفضة  $AgNO_3$ ، وهي المعروفة تجارياً وشعبياً باسم حجر جهنم.
- اكتشاف حمض الطرطير وتحضيره ACIDE TARTRIQUE، وهو حمض مُستخرج من الطرطير الذي هو مادة ملحية ترسب في قعر براميل الخمر.
- ممارسة عملية التقطير DISTILLATION.
- ممارسة عملية التصعيد SUBLIMATION.
- وهي عملية تقوم بتحويل بعض الأجسام الجامدة إلى بخار، من دون أن تمر في مرحلة الصهر.
- ممارسة عملية التذويب FUSION، وهي عملية تقوم بتحويل بعض الأجسام الجامدة إلى سوائل بتأثير الحرارة.
- ممارسة عملية التبلر CRISTALLISATION أي اتخاذ دقائق بعض الأجسام اشكالاً هندسية ثابتة تتنوع بتنوع هذه الأجسام.
- - ممارسة التبخير أي تحويل بعض الأجسام الجامدة الى بخار وتحويل كل السوائل إلى بخار بتأثير الحرارة.
- ممارسة عملية التكليس CALCINATION، وهي عملية تقوم بتحويل بعض الأجسام الجامدة بواسطة الحرق الذي يجعلها تتفاعل مع أكسجين الهواء، الى مادة كلسية هي أكسيد الجسم المحترق.
- اكتشاف العرب وسيلة لفصل الفضة عن الذهب، وتعيين عيار الذهب، في



صورة لبعض الأجهزة الكيميائية مأخوذة من كتاب زوسيموس Zeusime «الكيمياء» أحد المراجع التي اعتمد عليها العلماء العرب.

هذا المنتج الحضاري الهام من مصادر بخنة الثمن هيئة في الوصول إليها. فما كان منهم إلا أن حَوَّروا هذه الصناعة وصنعوا الورق من القطن ثم وجدوا وبسرعة أن هذه المواد غالية الثمن أيضاً، فابتكروا صناعة الورق من النفايات القطنية والخرق البالية. وهذا الاكتشاف يُعدُّ من أروع الاكتشافات العربية في عالم الحضارة الانسانية. ذلك أن الورق «الكاغذ» أصبح متيسراً كمأً ونوعاً وثمناً.

وغني عن الذكر أن الورق هو العامل الأساسي في نشر الكتابة بين الناس.

يقول ول ديورانت Durant Will في كتابه قصة الحضارة: نتيجةً للجهود العظيمة التي قام بها علماء العرب المسلمين، بدأت الكيمياء تأخذ صورة العلم الحقيقي، فهم أول من طَبَّقَ الوسائل العلمية على الظواهر الكيميائية. وبذلك أدخلوا التجربة الموضوعية في دراسة الكيمياء. وهذه في الحقيقة خطوة جيدة، بل

السبائك والحلي التي تتألف من هذين المعدنين، بواسطة الحوامض القوية.

• عمد الكيميائيون العرب إلى تصنيف الأجسام الكيميائية، مراعين تشابه الخواص، فقسموها إلى معدنية ونباتية وحيوانية ومُشتقة. ونظراً إلى كثرة الأجسام المعدنية وتباين خصائصها فقد قسموا هذا الفئة إلى ست فئات أخرى، فكان لهذا التصنيف أثره في تصنيفات تشبه تلك التي حققها العلم الحديث.

لم يكف الكيميائيون العرب باكتشافاتهم المتنوعة، إنما استخدموها في التطبيق العملي، كصناعة الفولاذ والأدوية ودبغ الجلود وصقل المعادن وتحضير العطور وصيغ الأقمشة وغير ذلك.

وتجدر الإشارة إلى أن عدداً كبيراً من مؤلفات العرب الكيميائية نُقلت إلى اللاتينية. وقد لجأ المترجمون إلى الاصطلاحات العربية، من الألفاظ العربية الأصل: الأبيق ALAMBIC، القلبي ALCALI، الأكسير ELIXIR الكحول ALCOHOL وغيرها.

ولا بد هنا من التوقف عند صناعة الورق وأبعادها في الأوساط العربية.

فلقد بدأت هذه الصناعة في الصين التي كانت تصنع الورق من بقايا الحرير باهظة الثمن. وكان هذا الواقع دافعاً وحافزاً لعلماء الكيمياء العرب كي يحاولوا الحصول على





وحاسمة نحو التقدم عَمَّا كانت عليه الكيمياء عند اليونان من فروض مبهمّة. ويستطرد ديورانت فيقول: «إن العرب أضافوا على علم الكيمياء أصالة البحث العلمي. وهذه الطريقة هي التي انتهجها أعظم علماء القرون الوسطى».



## علماء الكيمياء العرب

إن علماء العرب في مجال الكيمياء والنايغين بها أكثر من أن يُعدّوا ويُحصوا في عجلة قصيرة كهذه.

لكننا وبغرض عدم الإطالة سوف نقتصر على بضعة أسماءٍ منهم كانت وما تزال بالنسبة لنا مصدر ثقة ومنبع فخر لن ينضب.

خالد بن يزيد

هو خالد بن يزيد بن معاوية بن أبي سفيان ابن حرب بن أمية بن عبد شمس بن عبد مناف أمه أم هاشم بنت عتبة بن ربيعة بن عبد مناف. عاش ما بين ٦٣٥ و٧٠٤ ميلادية.

لقد كانت فكرة تحويل المعادن الخسيسة إلى ذهب وفضة منتشرة بين العلماء أيام خالد بن يزيد مما جعله يتأثر هو الآخر بها. فطلب

مجموعة من مشاهير العلماء في حقل الكيمياء من مدرسة الإسكندرية راجياً من وراء ذلك النجاح في مشروعه.

يقول محمد فائز القصري في كتابه «مظاهر الثقافة الإسلامية وأثرها في الحضارة».

«... فقد استدعى الأمير خالد بن يزيد بن معاوية عدداً من علماء الإسكندرية إلى

دمشق، وأغدق عليهم المال وأحسن لهم مطالبهم وكلّفهم بالتجارب العلمية والترجمة للحصول على الذهب من مادة النحاس».

ويذكر أبو الفرج الاصفهاني في كتابه الأغاني أن خالد بن يزيد بن معاوية قضى

مدة طويلة من حياته يطلب الكيمياء حتى أنه برز بهذا الميدان. وقد امتدحه القاضي أبو القاسم صاعد بن أحمد بن صاعد



تعكس العمليات الكيميائية الممثلة بالرسوم على هذه المخطوطة العربية التأثيرات الثقافية المختلفة. فقد أخذ علماء الاسكندرية عن علماء مصر القدماء وأخذ العرب عن أهل الاسكندرية ثم نشروا علم الكيمياء في أوروبا في حوالي القرن الحادي عشر بعد أن حَسَنُوا فيه الشيء الكثير. لكنهم لم يتمكنوا جميعاً من التحرر كلياً من تأثيرات بعض النظريات التي كانت مليئة بالأسرار قائمة على الاعتقاد بأن الأشياء مكوّنة بالأرواح.

واجتمعوا وادفنه ودعه بمرقد  
حتى الصباح وغطه بغطاء  
هذا المهاد لصنعة معروفة  
هذي لعمرك بغية الحكماء  
هذا الذي أعمى على كل الوري  
هو من الحاد بالإعماء

الأندلسي في كتابه «طبقات الأمم» فقال: إن خالد بن يزيد بن معاوية كان متضلّعاً في حقلَي الطب والكيمياء.

مؤلفاته

- ١ - كتاب وصيته إلى ابنه في الصنعة
- ٢ - كتاب الحرات
- ٣ - ثلاث رسائل في الصنعة احتوت إحداها على ما جرى بينه وبين ماريانوس ماريانوس
- ٤ - منظومة فردوس الحكمة في علم الكيمياء التي تحتوي على نحو من ثلاثمائة بيت، نذكر منها الأبيات التالية:  
يا طالباً بوريطس الحكماء  
يا منطقاً حقاً بغير خفاء  
هو زئبق الشرق الذي هتفوا به  
في كتبهم من جملة الأشياء  
سَمَوْه زهراً في خفاء رموزهم  
والجن شغلاً أغمض الأسماء  
فاذا أردت مثاله فاعد إلى  
جسم النحاس وناره الصفاء  
فامزجها مزج امرئ ذي حكمة  
وأحكم مزاجه الهوا بالماء  
واسحق بركبك الذي أزوجه  
حتى تراه كزبد بيضاء  
سحقاً يفتته وينهك جسمه  
من بدء من صبح إلى الإساء

فأسكنه مبنجه في قرع

شمت يسمي محكمه لأحز

ونصفه في تشبه نعبه حذوق

في محضن سجن له بوف

عصفه فيه فهو عند كمد

ترجو صلبه من لإهد

وجعل فديت لره موزونة

في جره تشبه لأحز

#### الإمام جعفر الصادق

هو أبو عبد الله جعفر الصادق. ينتمي

بشبه يعني بن أبي طالب كرم الله وجهه.

يقول أبو نعبس شمس الدين العربي بن

خلكان في كتابه الوفيات الأعيان وأنباء أبناء

الزمان: أبو عبد الله جعفر الصادق بن

محمد الباقر بن علي بن زين العابدين بن

الحسين بن علي بن أبي طالب رحمة الله

عليهم أجمعين.

يعتبر الإمام جعفر الصادق بين مؤرخي

العلوم من الرواد الأوائل في علم الكيمياء.

كما أن له تلاميذ حملوا الرسالة وحفظوها

من بعده وعكفوا على تطويرها حتى

وصلت إلى منزلة مرموقة بين علوم المجتمع

آنذاك. ومن بين هؤلاء التلاميذ. جابر بن

حيان الذي لازم الإمام الصادق وتلقى

على يده بعض علوم الفقه والدين

والكيمياء والذي نشر بأسناده الإمام جعفر

لترجمة أنه كان يفتي بـ (سبي جعفر) وهو

أمر عظيم في ذلك الوقت. وكثير من

مؤرخين في علوم يؤيدون نجاح جابر بن

حيان في حق الكيمياء، لأسناده الإمام

جعفر الصادق.

نُقب الإمام جعفر بالصادق لأنه لم يعرف

عنه كذب قط. وله خبر مع خذ، من

بني نعبس وكان جريته عندهم عند

الحق.

يذكر محمد بن يحيى الساجي في كتابه

الكيمياء في التفكير الإسلامي أن خلاص

جابر بن حيان من كتابه لترجمة - مدته -

قال لي سيدي (الإمام جعفر الصادق) يا

جابر: فقلت - ليبت يا سيدي. فقل هذه

الكتب التي صنفها جميعه. وذكرت فيها

الصناعة. وفصلت فصولاً. وذكرت فيها من

الغرائب وآراء الناس. وذكرت الأبواب

وخصصت لكل باب.... بعد أن يخلص

منه بشيء إلا الواصل. والواصل على غير

محتاج إلى كتب... ثم وصفت كتب كثيرة

في المعدن والعقير فتحير الطلاب وضعوا

الأموال. وكل ذلك من قبلك.... والآن يا

جابر استغفر الله. وارشدكم إلى عمل

قريب سهل. تكفرون به ما تقدمت به

وأوضح....

جابر بن حيان الأزدي

والاستنتاج العلمي. يقول ج مور G. Moore

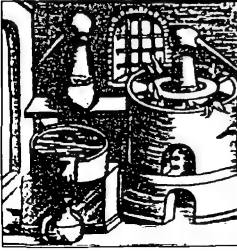
في كتابه «تاريخ الكيمياء»: «من الصعب جداً بل من المستحيل تقديم تاريخ متكامل لعلم الكيمياء، بدون دراسة إنتاج جابر بن حيان دراسة وافية، حيث إن جابر المعروف عند الغرب باسم «Cieher» قام بأعمال تمتاز بدقتها ولكن مع الأسف فإن معظم هذه الثروة الثمينية لا تزال مخطوطة باللغة العربية ومقبورة في مكتبات العالم».

ونستطيع تلخيص منهج جابر بن حيان العلمي بالخطوات التالية:

- ١ - أن يستوحي العالم من مشاهداته فرضاً يُفسر الظاهرة المراد تفسيرها.
- ٢ - أن يستنبط من هذا الفرض نتائج تترتب

هو أبو عبد الله جابر بن حيان، عاش في الفترة ٧٣٠ - ٨١٥ م. اختلف النسابون في نسبه فذهب بعضهم إلى أنه حراني من بيت سنان بن ثابت. وذهب ابن النديم صاحب «الفهرست» إلى أن جابر بن حيان من طوس إحدى مدن خراسان. وقال آخرون إن جابراً عربي الأصل من قبيلة الأزدي في اليمن. عاش أبوه في الكوفة في أواخر عصر بني أمية وكان صيدلانياً.

يعتبر جابر بن حيان مؤسس علم الكيمياء بدون منازع. ويظهر ذلك من مؤلفاته الأصلية الكثيرة. ولقد بنى جابر معلوماته الكيميائية على التجارب والاستقراء



صورة لأجهزة وعمليات كيميائية مأخوذة من أحد كتب جابر بن حيان.

يتم تسخين وإذابة المواد باستخدام الحوض المائي الكبير.

يساراً فصل السوائل بالعلي على حوض رملي ومائي، ومجففة تعمل بواسطة النسيج الصدي

- عليه من الوجهة النظرية البحتة. مؤلفاته
- ٣ - أن يعود بهذه النتائج إلى الطبيعة ليرى هل تصدق أم لا على مشاهداته الجديدة. فإن صدقت تحول الفرض إلى قانون علمي.
- لقد حاول علماء أوروبا في العصر الحديث، العاملون في مجال الكيمياء، المستحيل لإثبات أن نظرية الاتحاد الكيميائي القائلة بأن هذا الاتحاد يتم باتصال ذرات العناصر المتفاعلة مع بعضها، من عمل جون دالتون Dalton John (١٧٦٦ - ١٨٤٨). ونسوا أو تناسوا أن جابر بن حيان قد سبقه إليها بأكثر من ألف سنة كاملة. حيث نراه يقول ما نصه - «يظن البعض خطأ أنه عندما يتحد الزئبق والكبريت تتكون مادة جديدة في كليتها، والحقيقة أن هاتين المادتين لم تفقدا ماهيتهما، وكل ما حدث لهما أنهما تجزأتا إلى دقائق صغيرة وامتزجت هذه الدقائق مع بعضها فأصبحت العين المجردة عاجزة عن التمييز بينهما، وظهرت المادة الناتجة من الاتحاد متجانسة التركيب. ولو كان في قدرتنا الحصول على وسيلة نفرق بها بين دقائق النوعين لأدركنا أن كلاً منهما محتفظ بهيئته الطبيعية الدائمة ولم يتأثر مطلقاً»...
- ١ - كتاب الدرة المكنونة. في المتحف البريطاني - مجموعة رقم ٢٣٤١٩.
- ٢ - كتاب الخواص. في المتحف البريطاني - رقم ٤٠٤١ - المجموعة رقم ٢٣٤١٩.
- ٣ - كتاب الموازين.
- ٤ - رسالة في الكيمياء. منها نسخة في مكتبة القاهرة.
- ٥ - كتاب السموم.
- ٦ - كتاب صنعة الكون.
- الرازي هو أبو بكر محمد بن زكريا الرازي. عُرفَ عند الغرب باسم رازيس «Rhazes». ولد في الري، وهي مدينة صغيرة تقع جنوب شرق طهران الحالية. ولقب بالرازي نسبةً إلى مسقط رأسه هذا. عاش بين ٨٦٤ و ٩٣٢ ميلادية.
- كان الرازي طبيباً عبقرياً إضافة إلى تفوقه في علم الكيمياء. وهذا يظهر في إنتاجه العلمي في هذين الميدانين.
- ويعتبر الرازي من أوائل الأطباء الذين استخدموا معلوماتهم الكيميائية في الطب.

- وقد لخص فرات فائق في كتابه «أبو بكر الرازي»، متأثر هذا الباحث فكان أن جاءت في البنود التالية:
- ١ - وصف التجارب العلمية وصفاً دقيقاً مبنياً على التفاعلات الكيميائية.
  - ٢ - اعتبار التجربة في الكيمياء أساساً للتأكد من صحة الأعمال الكيميائية.
  - ٣ - اعتبار دور المستحضرات الكيميائية في الطب أساساً لعلاج المرضى.
  - ٤ - تحضير بعض الأحماض مثل حمض الكبريتي بتقطير الزاج الأخضر وسَمَاء زيت الزاج.
  - ٥ - الحصول على الكحول بتقطير المواد السكرية والنشوية واستعماله كمظهر ومذيب لاستخراج العقاقير.
  - ٦ - قياس الوزن النوعي للعديد من السوائل، مستخدماً ميزاناً خاصاً بذلك سَمَاء الميزان الصنعي.
- من مؤلفاته:
- ١ - كتاب التدبير.
  - ٢ - كتاب السر.
  - ٣ - كتاب سر الأسرار.
  - ٤ - الرد على الكندي في رده على الكيمياء.
  - ٥ - كتاب الإكسير.
- المجريطي عاش أبو القاسم مسلمة أحمد المجريط المعروف بالمجريطي فيما بين ٩٥٠ - ١٠٠٨ م. ولُقّب بالمجريطي لأنه ولد في مجريط (مدريد - عاصمة إسبانيا اليوم). ولكنه انتقل إلى قرطبة حيث توفي هناك. كان المجريطي يحب الأسفار حول العالم بحثاً عن كبار العلماء للنقاش معهم والمداولة في آخر ما توصل إليه في الرياضيات والكيمياء والحيوان. وكانت مدرسة المجريطي في قرطبة عبارة عن معهد علمي يضم العلوم البحتة والتطبيقية.
- يقول عمر فروخ في كتابه (تاريخ الفكر العربي إلى أيام ابن خلدون): «أنجب المجريطي تلاميذ كثيرين، أنشأ بعضهم مدارس علمية في جميع أنحاء الدولة الإسلامية في المغرب العربي بما في ذلك الأندلس. ومن أشهر هؤلاء التلاميذ أبو القاسم البغرناطي وأبو بكر الكرماني وغيرهما كثير». للمجريطي في الكيمياء أعمال جيدة تدل على مدى عنايته بالأمر العلمية وتضلعه بها. يقول عبد الرزاق نوفل في كتابه (المسلمون والعصر الحديث) نقلاً عن أبي القاسم المجريطي: «لا يجوز لأي رجل أن يدعي العلم إذا لم يكن ملماً بالكيمياء. وطالب الكيمياء يجب أن تتوفر



وابن حيان وابن سينا والرازي - وهم أول من اكتشف وصنّف الزئبق والكبريت والزرنيخ ونترات الفضة وبعض مركبات الكبريت مع الحديد والذهب والأومونيا وحامض الكلور والقلويات وحامض الطرطريك والصودا الكاوية وكربونات الصوديوم الخ...

لقد بقي كتاب المصاييح والمفاتيح للطبراني مرجعاً يُستدل به، لما يحتويه من نظريات في علم الكيمياء. ولقد اهتم أبو إسماعيل الطبراني بالنظريات الكيميائية الكثيرة الاستعمال آنذاك، والتي تعتبر جزءاً لا يتجزأ من النظريات الحديثة التي تستخدم الآن في جميع المقررات التعليمية. كان الطبراني شاعراً مبدعاً. وله ديوان في الشعر نقل لنا جابر شكري في كتابه (الكيمياء عند العرب) بعضاً من أبياته:

عرفت أسرار الخليقة كلها  
علماً أنار لي البهيم المظلم  
وورثت هرمز سر حكمت الذي  
ما زال ظناً في الغيوب مرجماً  
وملكت مفتاح الكنوز بحكمة  
كشفت لي السر الخفي المبهم  
وفي موضع آخر يقول:  
أعلل النفس بالأمال أرقبها  
ما أضيق العيش لولا فسحة الأمل

فيه شروط معينة لا ينجح بدونها، إذ يلزمه أن يتقن أولاً في الرياضة بقراءة إقليدس وفي الفلك بقراءة المجسطي لبطليموس، وفي العلوم الطبيعية بقراءة أرسطو، ثم ينتقل إلى كتب جابر بن حيان والرازي ليتدبر يديه وبعد أن يكون قد اكتسب المبادئ الأساسية للعلوم الطبيعية يجب عليه أن يُدرب يديه على إجراء التجارب وعينه في ملاحظة المواد الكيميائية وتفاعلاتها وعقله على التفكير بها.

من مؤلفاته:

- ١ - كتاب رتبة الحكيم في الكيمياء.
- ٢ - كتاب غاية الحكيم في الكيمياء.
- ٣ - كتاب الأحجار.
- ٤ - كتاب مفخرة الأحجار الكريمة.

الطبراني

هو أبو إسماعيل مؤيد الدين الحسين بن علي الأصبهاني المعروف بالطبراني. ولد في مقاطعة أصفهان في مدينة جي. عاش فيما بين ١٠٦١ - ١١٢١ ميلادية. وهو من أحفاد أبي الأسود الدؤلي.

للطبراني اكتشافات كيميائية كثيرة تنضح من قول علي أحمد الشحات في كتابه (مكانه العلم والعلماء في الإسلام) - ووالعلماء العرب - الجلدكي والطبراني

عقله ومنطقه في إخلاص ونزاهة وعلى خبراته وتجاربه التي أحلّها في دراساته مكاناً مرموقاً. ودفعه ذلك إلى محاربة التنجيم وبعض جوانب الكيمياء المتعلقة بصفة التحويل Transmutation. ويصعب القطع بأن لابن سينا دوراً فعالاً في الكيمياء أو أنه شارك فيها بمؤلفاته وبحوثه على نحو ما فعل في الطب أو الفلسفة. وإن كان البعض يعزّو إليه كتباً في الكيمياء تُرجمت إلى اللاتينية: فوايدمان مثلاً ينسب إليه كتاباً عنوانه «مرآة العجائب» كما ينسب إليه البعض الآخر رسالة تُعرف باسم «رسالة في الإكسير» أو «رسالة في أمر مستور الصنعة». وآراء ابن سينا الكيميائية بالنسبة لما كان شائعاً من الكيمياء إذ ذاك، نطالعهما في كتابه «الشفاء» الذي كتبه في سنة ١٠٢٢ م وعده العالم جورج سارتون أن أكثر الكتب الكيميائية - في الشرق والغرب - نفوذاً وتأثيراً فيما بعده من آراء. وهو يذهب في هذا الكتاب إلى أن المعادن أنواع مختلفة لجنس واحد، ولما كان من المستحيل تحويل نوع من الكائنات إلى نوع آخر، كتحويل نوع من الحيوانات إلى غيره، فكذلك يستحيل تحويل الرصاص إلى الذهب أو الفضة. ويحتفظ كل معدن بصفاته الذاتية التي تميزه عن غيره من المعادن. يقول ابن

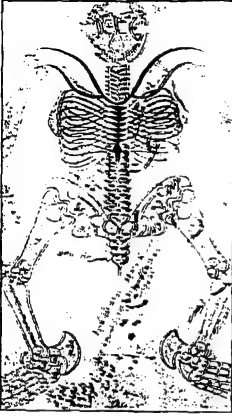
لم أرض بالعيش والأيام مقبلة  
فكيف أرضى وقد ولّت على عجل  
تقدمتني أناسٌ كان شوطهم  
وراء خطوي إذ أمشي على مهل  
وإن علاني من دوني فلا عجب  
لي أسوةً بالخطاط الشمس عن زحل  
أعدى عدوك أدنى من وثقت به  
فحاذر الناس واصحبهم على دخل  
وحسن ظنك في الأيام معجزة  
فظنُّ شرّاً وكُن منها على وجل

من مؤلفاته:

- ١ - جامع الاسرار في الكيمياء.
- ٢ - الجوهر النضير في صناعة الإكسير.
- ٣ - الرد على ابن سينا في الكيمياء.
- ٤ - رسالة ماريّا بنت سابه الملكي القبطي في الكيمياء.

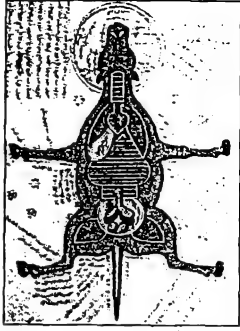
ابن سينا

هو أبو علي الحسين بن عبد الله بن سينا، الملقب بالشيخ الرئيس لعلو كعبه في العلم والفلسفة. يسميه الغربيون Avicenna. ولد في سنة ٩٨٠ م وكانت وفاته سنة ١٠٣٧ م. تميز ابن سينا بتزعمه الاستقلالية المتحررة من سطوة التقليد والتقيّد بآراء من سبقوه دون بحث أو تمحيص. كما كان يعول على



إلى غيره... ولكن الصبغ في حقيقته لا يحول فلزاً إلى غيره».

ويبين ابن خلدون ذلك في مقدمته (ص ٥٢٧) «... والذي ذهب إليه ابن سينا وتابعه عليه علماء المشرق أنها مختلفة بالفصول وأنها أنواع متباينة كل واحد منها قائم بنفسه متحقق بحقيقته له فصلان وجنس من شأن الأنواع. وبنى أبو علي بن سينا على مذهبه في اختلافها بالنوع إنكار هذه الصفة واستحالة وجودها بناءً على أن الفصل لا سبيل بالصناعة إليه وإنما يخلقه



كان بعض الأطباء العرب يتخرجون من التشريح مع ذلك لا يكاد يخلو كتاب طبي من الأمور التشريحية التي بحثها كبار الأطباء كابن سينا والرازي وعبد اللطيف البغدادي. من كتب التشريح كتاب المنصوري لمصور بن محمد سنة ١٣٩٦ والصورة من مخطوط له في القرن ١٥. أما الخيوان فأكثر ما اهتموا بتشريح الحيل كما نرى في رسم مخطوط رسم في مصر في القرن ١٥.

سينا عن المعادن «إن لكل منها تركيباً خاصاً لا يمكن أن يتغير بطرق التحويل المعروفة... وإنما المستطاع هو تغيير ظاهري في شكل الفلز وصورته وصبغ النحاس بلون أبيض فيبدو كالفضة، والفضة بلون أحمر فتظهر كالذهب». ثم يقول وقد يصل هذا التغيير حداً من الإتقان يُظن معه أن الفلز قد تحول

حتى لقد ذهب الكثيرون من مؤرخي العلم إلى القول بأن ابن سينا يعد من أعظم علماء الدنيا على الإطلاق كما لقبه الآخرون بأرسطو العرب.

#### أبو المنصور الموفق

عاش أبو المنصور الموفق بن علي الهراوي زمن الأمير منصور بن نوح الساماني الذي حكم في الفترة ما بين سنة (٩٦١ - ٩٧٦) ميلادية. وقد جاب أبو المنصور أقطار الهند وفارس طلباً للعلم وكتب في الفترة من سنة ٩٦٨ إلى سنة ٩٧٧ كتاباً شهيراً في الصيدلة بعنوان «الأبنية في حقائق الأدوية» يعد من أعرق المؤلفات في موضوعه. وقد ظهرت في هذا المؤلف معارف اليونان والسريان

خالق الأشياء ومقدّرها وهو الله عز وجل، والفصول مجهولة الحقائق رأساً بالتصور فيكيف يحاول انقلابها بالصفة.

وابن سينا في ذلك على خلاف مع من تقدموه أو عاصروه ومع من جاءوا بعده من دافع عن صناعة الكيمياء وإمكان التحويل. فقد «ذهب أبو النصر الفارابي - من قبل وتابعه حكماء الأندلس - أنها - أي المعادن - من نوع واحد وأن اختلافها إنما هو بالكيفيات من الرطوبة واليبوسة واللين لذلك النوع الواحد. وبنى أبو بنصر على مذهبه في اتفاقها بالنوع إمكان انقلاب بعضها إلى بعض لإمكان تبدل الأعراض حينئذٍ وعلاجها بالصنعة. فمن هذا الوجه كانت صناعة الكيمياء عنده ممكنة». ومن المعلوم أن الطبراني قد ألف كتابه «حقائق الإشارات» يرد فيه على ابن سينا فيما ذهب إليه بهذا الخصوص.

ولابن سينا بحوث في الجيولوجيا والمعادن وهو يرى رأي جابر بن حيان من حيث إن طبيعة المعادن اتحاد زئبق بكيريت بعد أن يكونا بلغا الدرجة القصوى من النقاوة. ويعدّ ابن سينا من أعلام المسلمين الذين سبقوا إلى وضع أصول المنهج التجريبي وقواعد البحث في العلوم الطبيعية سبق في ذلك بكون وجون ستورات وغيرهما.



بحامض الساليليك الذي يستخرج من غاب الخيزران، وعرف أكسيد النحاس والأنتيموني (حجر الكحل) وبين كيفية تحضير الأدوية بالتقطير والتصفيد. كما ذكر أيضاً عملية تقطير ماء البحر.

إن ما كتب أبو المنصور الموفق يُعدُّ بحق من أدق وأروع ما شهدته الكيمياء العربية حتى الآن، وبرغم أن مؤلفه الشهير كان في الطب إلا أنه قد حوى إلى جانب ذلك كثيراً من المعلومات الغريبة حول خواص الجواهر المعدنية وكيفية تحضيرها. ومن الواضح تماماً أنه كان ذا قدم راسخة في الكيمياء كما أن كتاباته تعرفنا بنواح مختلفة من كيمياء تلك الفترة.

أبو القاسم محمد بن أحمد العراقي

عاش في النصف الثاني من القرن الثالث عشر. ولقد كان العراقي كيميائياً بارعاً وهو صاحب الكتاب المشهور «العلم المكتسب في زراعة الذهب» الذي نلمس فيه دفاعاً حاراً عن نظرية تحويل المعادن، وتدعيماً لها بإيراد تجارب العلماء السابقين حتى اليونانيين منهم. وقيمة هذا المؤلف الكبير تتضح في أنه يعطي صورة جلية لكيمياء القرن الثالث عشر.

والعراقي يبين إمكان «التحويل» بطريقة

والهند وفارس. وقد صنف في هذا الكتاب الأدوية أقساماً أربعة، بحسب تأثيراتها وذكر فيه ما يقرب من ٥٨٥ دواءً منها ٤٦٦ مشتقاً من النباتات، ٧٥ من المعادن و٤٥٥ دواء مستخلصاً من مشتقات حيوانية. وقد ضمن أبو المنصور كتابه هذا الكثير من المعلومات الكيميائية الواضحة.

يقول هوليمارد: «من المحتمل أن يكون أبو المنصور هذا هو أول من ميز بوضوح بين كربونات الصوديوم «النطرون» وكربونات البوتاسيوم «القلي» وهو يذكر طريقة تحضير القلي من رماد بعض النبات ويصفه بأنه ملح متماع كاو، وتوصل إلى أن النحاس، متى عُرض للهواء، تغطيه غالباً طبقة خضراء تستحل بالتسخين إلى مادة

سوداء تفيد في صبغ الشعر باللون الأسود، وأن الجبس متى سُخن يتحول إلى نوع من الجير إذا خلطناه بزالال الأبيض تتكون لدينا مادة لصق قوية تفيد كثيراً في علاج كسر العظام. كما توصل أبو المنصور الموفق إلى معرفة أن مركبات النحاس، وخصوصاً الزجاج الأزرق، ومركبات الرصاص وخصوصاً الرصاص الأبيض (الذي يُجلب أفضل أنواعه من أصفهان) سامة.

ويصف أبو المنصور أكسيد الزئبق بأنه مسحوق أحمر نقي، كما كان على علم

يوضح طريقة عمل الأكسير ويثبت في ذلك آراء كثيرة لا تخرج في مجموعها عن آراء المتقدمين من المسلمين.

وأهمية العراقي، كما يقول هو ليبارد وتكمن في تفكيره المنطقي المُتَّسِق الذي لازم مناقشاته للقضايا الكيميائية، وذلك التفكير الذي دعمه في كل خطوة بخطوها بوقائع تجريبية لاحظها بنفسه أو أجراها في المعمل. وما هو جدير بالملاحظة والتقدير في أمر هذا العالم تحرره الشام من السحر والغموض ومن العناصر الغيبية التي أصبحت السمة المميزة لموضوع الكيمياء، خاصة إذا ما قارناها بما كانت عليه في العصور الوسطى في أوروبا، وإن كانت آراؤه في مجموعها لا تمثل تقدماً عما نجده عند جابر بن حيان.

والخلاصة أن كيمياء العراقي كما يقول جورج سارتون: تُمَثِّلُ التقدم الذي أحرزته الكيمياء العربية حتى ذلك التاريخ.

ولقد كان ما كتبه أو أضافه ذا أثر بالغ فيمن جاء بعده من علماء الكيمياء في الشرق والغرب.

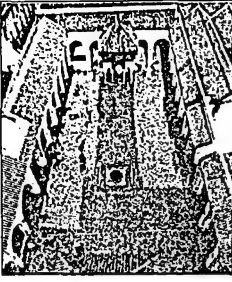
#### الجلدكي

هو عز الدين بن أيمن علي الجلودكي، من أشهر علماء المسلمين في الكيمياء. عاش في القرن الرابع عشر الميلادي. ومن المحتمل أن



درس ابن البيطار نباتات المغرب والشرق وبخاصة في كتابه الجامع في مفردات الأدوية والأغذية، وهو معجم هجائي فيه أكثر من ١٤٠٠ عشب دوائي لا يقل ما اكتشفه ابن البيطار منها عن ٣٠٠. كان بصور النباتات بالألوان. مع ذلك ظل لكتاب ديسقوريدوس اليوناني القديم رواجه. رسم الكرمة هذا مأخوذ من مخطوط فارسي من القرن الخامس عشر يحوي الترجمتين العربية والفارسية له.

منطقية تنفق مع ما هو معروف من أفكار عن أصل الكون وطبيعة المعادن، كما يبين أن لفعل النار أثراً كبيراً في إمكان التحويل. وهو يرى من الضروري أن تعدل من تأثير النار بإضافة أكسير أبيض أو أحمر على المواد المختلفة أثناء عملية التفاعل. وأخيراً



المكتبات الضخمة في الإسلام كثيرة. ذكروا أن مكتبة الواقي كانت ١٢٠ حملاً، ومكتبة صاحب بن عباد ٢٠٦ آلاف مجلد ولقنها حين توفي سنة ٩٥٥ على مدينة الري. كان فيرسيها عشر مجلدات. مكتبة القصر الفاطمي كانت نحو ٦٠٠ ألف مخطوط. ومكتبة آل عمار في طرابلس التي أحرقتها الصليبيون كان فيها مثل ذلك. في الأندلس والمغرب اشتهرت مكتبات قرطبة، وفاس وبخاصة مكتبة القرويين التي نرى في الصورة فناءها وهي أقدم جامعة في شمالي أفريقيا شيدت ملاصقة للجامع منذ أحد عشر قرناً.

الرغم من أنه كان على علم تام بما كتبه «المجريطي» و«ابن أرفع رأس» مما جعلنا ننسب إليه باطمئنان ما لم يرد ذكره في مؤلفات أوائل الكيميائيين من علماء المشرق. ومن الطريف أنه تمكن من فصل الذهب عن الفضة بواسطة حامض التريك، ولا يخفى ما لذلك من أثر في فرز عبارات الذهب

وفاته كانت سنة ١٣٦٣ م.

كان الجلدكي شغوفاً بالعلوم الطبيعية إلى جانب الكيمياء والنبات الذي كانت له فيه إشارات قيمة، وقد قضى الجلدكي معظم حياته في جمع كتب الكيمياء وشرح ما أمكنه الوصول إليه منها... ومن هنا كان الجلدكي أفضل مصدر لمعرفة الكيمياء والكيميائيين في الإسلام. وتظهر مشاركته الفعالة، في ميدان الكيمياء فيما حواه كتابه الشهير المسمى «نهاية الطلب» الذي علق فيه على كتاب أبي القاسم العراقي «العلم المكتسب في زراعة الذهب».

وفي هذا الكتاب الذي اشتمل على ثلاثة مجلدات اقتباسات كثيرة من كتب جابر بن حيان ومن كتب غيره من الكيميائيين. وله كتاب ذكره «وايدمان»، عنوانه «علم الميزان» وهو مطبوع في برلين و«المصباح في علم المفتاح» تكلم في مقدمته عن أعلام الكيمياء السابقين. ومن كتبه أيضاً كتاب معروف عنوانه «التقريب في أسرار التركيب» وهو أشبه بموسوعة علمية تضمنت كثيراً من المبادئ والنظريات والبحوث الكيميائية، كما اشتمل على وصف للعمليات المستخدمة فيها كالقطر والتصفيد والتكليس وغير ذلك. ولا يبدو في كتابات الجلدكي ما يدل على أنه تأثر بالكيميائيين الأندلسيين في المغرب على

الخالص وتمييزها. كما أنه قد توصل على نحو يسترعي الاهتمام إلى ملاحظة أن المواد لا تتفاعل فيما بينها إلا بنسب وأوزان ثابتة. ولم يُفعل الجلدكي التطبيق العملي للكيمياء، إذ نجد في كتابه «التقريب» بياناً بالأجزاء المعدنية الداخلية في العلاج. كما تكلم عن صناعة الصابون فقال: «الصابون مصنوع من بعض المياه الحادة المتخذة من القلي والجير (محلول الصودا الكاوية) والماء الحاد. يُهرأ الثوب فاحتلوا على ذلك بأن مزجوا الماء الحاد بالدهن الذي هو الزيت وعقدوا منه الصابون الذي ينقي الثوب ويدفع ضرر الماء الحاد عن الثوب وعن الأيدي».

ولا يجمل بنا أن نترك الحديث عن الجلدكي دون أن نشيد بآثاره العلمية وبصيرته النافذة إلى أسرار الطبيعة وتوصله إلى آراء علمية هي بالنسبة لعصره خير شاهد على الخصوبة والإبداع إلى حد يدعو إلى الدهشة وإلى مزيد من التساؤل. يقول الأستاذ الدكتور عزة مريدن في معرض حديثه عن العلماء العرب:

«... ومنهم هذا الجلدكي العجيب الذي ما قرأت قصيدته مرة إلا أقسمت غير حاث أن هذا هو مكتشف الذرة وواضع أسس الصواريخ... وهو يصف كنه الذرة في المعادن والعناصر الكيميائية ويشبهها بالمجموعة الشمسية على نحو ما يفعل علماء الذرة اليوم حينما يبحثون في البروتون والنيوترون المركزيين والإلكترون الذي يحيط بهما».

ومهما يكن من أمر، فإن لتسجيل الجلدكي لآراء الكيميائيين السابقين في العالم العربي والإسلامي بدقة وأمانة أكبر الأثر وأصدق. وهو بهذا يستحق في رأي هوليارد «أطيب الشكر والعرفان بالجميل من كل أولئك الذين تهتمهم دراسة تاريخ الكيمياء».

في ختام الحديث عن علماء العرب ونجومهم في فضاء الكيمياء الرحب وجدنا أنه من المفيد للغاية نشر رسالتين من رسائل جابر بن حيان، أبي الكيمياء العربي، الذي امتد فضله ليطال الغرب والشرق. وهاتان الرسالتان هما «كتاب اللاهوت» و«كتاب الباب» لما فيهما من شرح لمنطقة وأسلوب تفكير هذا العالم الكبير.

ولقد ذكر بول راوس في تحقيقه المهم لأعمال جابر بن حيان حوالي ٣٠٠٠ عنوان بقي منها نحو ٢٥٠ إلى أيامنا هذه (le corpus des écrits jabiriens) وحتى إذا كان بينها أعمال صغيرة الحجم أو فصول مجموعات أوسع، فإن اتساع جمهرة الأعمال وغنى التوثيق فيها وأبعادها المعرفية تجعل منها دائرة علوم حقيقية تمثل العصر. شأنها في ذلك شأن «رسائل أخوان الصفا» تماماً.

الخالص وتمييزها. كما أنه قد توصل على نحو يسترعي الاهتمام إلى ملاحظة أن المواد لا تتفاعل فيما بينها إلا بنسب وأوزان ثابتة. ولم يُفعل الجلدكي التطبيق العملي للكيمياء، إذ نجد في كتابه «التقريب» بياناً بالأجزاء المعدنية الداخلية في العلاج. كما تكلم عن صناعة الصابون فقال: «الصابون مصنوع من بعض المياه الحادة المتخذة من القلي والجير (محلول الصودا الكاوية) والماء الحاد. يُهرأ الثوب فاحتلوا على ذلك بأن مزجوا الماء الحاد بالدهن الذي هو الزيت وعقدوا منه الصابون الذي ينقي الثوب ويدفع ضرر الماء الحاد عن الثوب وعن الأيدي».

ولا يجمل بنا أن نترك الحديث عن الجلدكي دون أن نشيد بآثاره العلمية وبصيرته النافذة إلى أسرار الطبيعة وتوصله إلى آراء علمية هي بالنسبة لعصره خير شاهد على الخصوبة والإبداع إلى حد يدعو إلى الدهشة وإلى مزيد من التساؤل. يقول الأستاذ الدكتور عزة مريدن في معرض حديثه عن العلماء العرب:

«... ومنهم هذا الجلدكي العجيب الذي ما قرأت قصيدته مرة إلا أقسمت غير حاث أن هذا هو مكتشف الذرة وواضع أسس الصواريخ... وهو يصف كنه الذرة في المعادن والعناصر الكيميائية ويشبهها بالمجموعة



## كتاب اللاهوت

وجعلتُ في كل كتاب منها فناً، وله اسم ما.  
فكتابي هذا يعرف بكتاب اللاهوت، يذكر  
فيه الشيء الأعظم، والذي يذكر فيه من  
الأصول الداخلة في الشيء الأعظم.

فنقول - وبالله التوفيق - إن الشيء الأعظم  
أولاً من الحيوان فقد استغيت عن الأشجار  
والأحجار لأنه ليس قصد الشيء بمعرفة  
كطلبه بغير معرفة، فهذه مرتبة، وينبغي أن  
تعلم مما هو من الحيوان فنقول:

ينبغي أن يكون من أشرف ما فيه الحرارة  
القوية. فنقول: الأسد والأفعى - فهذه سر  
هذه فيه - والشعلب وجميع هذه من  
الحيوان، وأشرفها الإنسان. وليكن ممن طبعه  
الصفراء، ولهم النحافة في الأبدان كالذين  
هم بناحية اليمامة والجزائر المالحة، وأهل  
الهند، خاصة بالبقعة التي يقال لها السند،  
وبالمغرب ودواخل مصر فإن جميع  
القبطين فيهم النحافة، واليمن أيضاً فحاد،  
والسبعة والسعك الشبوط فإن هذه من  
الحيوان فإن هذه فيها حدة. وعجبت وصفنا  
السعك مع الإنسان، لكنه لعله صار بها  
فاضلاً.

فقد علمت بعد ذلك مما تأخذه من الحيوان.  
فإن عذمت هذه كلها فالبقر والغزلان

بسم الله الرحمن الرحيم  
الحمد لله شكراً لما وهب لنا ومنحنا من  
فضله بغير استحقاق بل جوداً وتفضلاً  
علينا، من غير سابقة قد سلفت. فبارك الله  
أحسن الخالقين وتعالى عما يقول المبطلون  
علواً كبيراً. إن الله تعالى اختصنا من فضله  
بما منعه غيرنا، وذلك كان لشهوة تقدمت  
لنا في هذه الصناعة أعني الفلسفة كلها  
فرزقني من ذلك رزقاً سنياً. ثم أنه  
رعرعني وأنطقني وأنعشني وأخرجني في  
زمان فيه صفوة نبيه محمد صلى الله عليه  
وسلم، ففهمني وحنكني بما كنت تعلمته  
من غيره ولم أكن فيما تعلمته من غيره  
مثلي فيما تعلمته منه عليه السلام. فنحن  
نشكر الله عز وجل على ذلك.

وإذ قد مضى صدر من كتبنا في هذه الصناعة  
الموسومة بالحكمة لأنها لا نهاية لها وهي  
نهاية ما في الفلسفة، لم يكن بد من وضع  
كتب فيها شرح ما تقدم لنا من ألفاظنا  
جوامع، ما أغرقنا الكلمة في فن من الفنون  
في مائة كلمة من فن آخر، فتكون هذه  
تخوي ما في كتبنا المتقدمة والمتأخرة لأننا  
جمعنا في هذه ما يحتاج إليه والسلام.  
وقد صنفنا كتبنا هذه سبعين كتاباً،

وحمر الوحش والحمر الأهلية، ولكن من كل واحد من هذه الأنواع على حدة ولا يخالط نوع نوعاً بته - فهذا من السرائر أيضاً، ينبغي أن تحتفظ به وتذكره.

وليس يتم هذا الباب لخلق عن لم يقرأ كتابي هذا - إلا لمن رزقه الله تعالى. فالرزق لا كلام عليه لأنه يأتيه من حيث لا تحتسب. رزقنا الله وإياكم ذلك الرزق. وكذلك ما في كتبي هذه لو صح للإنسان في أول مرة في ما يقرأها أو بعد ما يقرأها أو بتدبير أو بغير تدبير ثم كان محروماً، لم ينفعه ذلك شيئاً بته، ولكن كمن لم يرزق شيئاً قط. على هذا أصلي، فلا يلومني لأنهم، فقد عرفتك بما ينبغي أن يؤخذ هذا الحجر مما لا يعرف، وقد مر أي جنس الحجر.

فبقي عليك ما الحجر. إنا قدمنا في وصفه ما هو في غير كتاب، ولكن شرطنا في هذه الكتب إنا لا نكلها إلى غيرها، فلا بد من أن نشرحه. فنقول: إن اسم الحجر لا يمكننا ذكره لأننا لا نطبق ذلك، لأننا إذا ذكرناه بتدبيره القريب وذكرنا اسمه ولم يكن فيه طول مدة ولا عظيم نفقة، أخذه الآخذ من الناس على جهة الامتحان، فعمله وأتاه فعمل به العالم، فبطل استعمال هذين الحجرين. لكن نرّمزه بما يقرب على الإنسان. خذ من الإنسان ما يهيج عليه في

الدماغ وليس بالدماغ بل هو المثار للدماغ، وهو الصايغ أيضاً للدم. هذا والله قريب. فإن لم تفهم فخذ العنصر المشارك للدماغ الذي فيه طبع مجانس لطبع في الدم، وطبع مضاد لطبع في الدم.

وهذا والله قريب. فإن لم تفهم فاعلم أن العلو عندهم النار، وهي الحار اليابس، ودونه الهواء وهو الحار الرطب ثم الأرض والماء. فخذ العلو من بدن الإنسان أي ما يخصه ذلك الطبع الحار اليابس من العناصر الأربعة. هذا والله قريب. وإن لم تفهم قل لي هذا فلا تقرب هذه الصناعة، فلا حاجة لك فيها ولا منفعة، والسلام.

قد بينا ما الحجر وما يؤخذ فلنقل في أي وقت يجتنى. فنقول إن هذا العنصر يثور في الربيع فيثور جميع الجسد. ثم يجيء بعد الربيع القيظ، فينبغي أن يجتنى بين الربيع والقيظ، وهو في آخر ربيع الآخر وأول القيظ، وهو في خمسة عشر من ربيع الآخر.

وينبغي أن تحتبه لأن الشمس تحل الحمل في سبعة عشر من ربيع الأول. فليجتن من سبعة عشر من ربيع الأول إلى خمسة عشر من ربيع الآخر، فإنه احكم ما يكون وأزكاه وأجوده في هذا الوقت إن شاء الله.

فلنقل كيف وجه تدبيره فنقول: ينبغي أن



كانت الصيدلة، في بعض تراكيبها ترفد الكيمياء أو تتصل بها. لم يكن فاصلاً بينهما إلا فيما يتعلق بالأهداف. فالكيمياء فلسفة الهدف بينما هدف الطب والصيدلة عمل مباشر. لذلك كانت كتب هذه العلوم تراثاً مشتركاً للعاملين فيها. كتاب الدرباق المنسوب لجاليينوس مثل لذلك في صفحته المصورة هذه (سنة ١١٩٩)

منها. والتشميع آخرها، فاعرفه إن شاء الله. فلنقل كيف حدود هذه الأشياء. هذه أصول هذا الحجر لأننا نذكره في كتابنا هذا الأصول من هذا الحجر وكيف هو، وكيف يمكن تدبيره ونذكر التدبير وما جاسه في الكتب التي تتلو هذا الكتاب من كتبنا هذه إن شاء الله تعالى.

اعلم أن الماء لا بد له من دفن بعد تقطيره الأول، وتقطيره بالרטوبة. يدفن تحت الأرض ثم يقطر في آلة الماء المذكورة للماء ويقطر بالخيزران قطره المذكور له حتى

يقطر هذا الحجر في الربيع من سبعة عشر في الأول إلى نهاية الآخر وليس نذكر في كتابنا هذا كيف التقطير لأننا نأتي به فيما بعد ذلك، لأن موضوع كتابنا هذا على الأصول المبنية على هذا الشيء الأعظم.

فنقول إن الماء إذا خلص فليخلص بعد ذلك الدهن والصيغ والأرض وتخزن - ثم تدبر النار أولاً قبل الكل ثم الدهن وتثلث بالأرض، ثم الماء، فالماء آخرها وهو أولها، والدهن والأرض الوسطان. فاما أخلاطها، فعلى ما ذكرناه ونحن نستأنفه في كتبنا هذه من الأوزان، فافهم هذا واستوفه عن آخره. وبخاصة ينبغي أن نحفظ بالأوزان المتقدمة، وإنها وهذه واحدة؛ إلا أن في تلك رمزاً نحن نفكه لك في موضع من المواضع، وهنا شرطنا أن لا نرمز فيه شيئاً، إن شاء الله تعالى. وينبغي أن تحفظ كل ركن تخلص لك طاهراً في تمام التدبير. قد خبرنا بحاجة الحجر من التدبير وقدر طهارته، ونحن نذكر ذلك جملًا إن شاء الله تعالى.

إذا اجتنبت الحجر في وقته درجة وتقطيره درجة وتطهير الماء والدهن والنار والأرض: أربع درجات. والأوزان درجة، والأخلاط لا بالمجاورة بل بالمزاج درجة، فهذه جعل ما قد تقدم ذكره. والدفن له والتشميع له، والتقطير بالسرجين هذه درجة كل واحد

يتناهى إلى حده إن شاء الله.

كان أقوى للصيغ وأسرع لإدراكها وانفذ وانجح إن شاء الله.

ثم تقع بعد ذلك الأوزان والأخلاق، فينبغي أن يخلط على ما ذكره. ثم تدفن بعد أن تسقي من النفس والماء حاجته. والتدبير فيه على وجهتين:

- إما أن تقطر وترد عليه القاطر ويرد ويجاد في خلال ذلك سحقه حتى لا يقطر منه شيء بته، ويصير ثابتاً، فهذه طريقة.

- وإما أن يسقى الماء ويدفن ثم يقطر بالسرجين، ويعاد عليه العمل كما قد تقدم في أخيه، فهذه طريقة ثانية.

ثم توفيه أوزانه من نفسه وروحه حتى يستوفي إلى دون حقه بالدفن والتقطير لا غير. ثم توفيه حقه من نفسه وروحه حتى يشمع بوجه التشميع وتدخل عليه باقي نفسه وروحه فهذا أجل، ما في هذا الأمر، فاعرفه إن شاء الله تعالى.

قد أتينا بذكر الباب الكبير بما فيه كفاية وغنى. فلنذكر بعد ذلك من تدبير الحيوان ما يكون مجانساً للشيء الأعظم فنقول: متى أخذت نار الشعر فأدخلت مكان نار الحجر الأعظم أو أرضه أو مائه أو دهنه فهو خطأ إلا من جهة. نقول: وينبغي أن تخلص النار من كل شيء كتحليص النار من الحجر، فإنه يكون واحداً فيقال في

تدبر الأرض وتهبي بعد يياضها دائماً حتى تصير روحانية طائفة، ثم تثبت بعد ذلك إن شاء الله تعالى. وكلما هيبتها وثبتها

الحجر وانتظر فعله وطابقه بفعل النوع فإن فعله فهو هو. وإن لم يفعل ذلك فبلغ به مرتبته والتدبير في بلوغ هذه العناصر التي من النوع إلى مرتبة العناصر التي من الحجر، بالتدبير الذي تقدم شرحه. وكذلك فافعل بالدهن والأرض سواء فإنه يغني عن نار الحجر وأرضه ودهنه ومائه فقد نسخت هذه الأنواع من الجنس الذي الحجر نوع له. فإن قال قائل «فما حاجتنا إلى الحجر ولم شرفناه على هذه الأنواع، قيل له والحاصل شتى كثيرة أحدها أنك تجد فيه من الطبايع الكاملة ما لا تجده في غيره من الحجارة. وثانيها أن ما تريد استخراجها من هذه الأنواع من العناصر، إنما هو قياس عليه، وليس يجيء في أول تدبيره مثله في أول تدبيره، وهو يبلغ إلى درجة الحجر بعد التكرير. والحجر إذا تكرر مرة قام مقام مائة تكريرة لتلك.

فخذ ما فيه النضج والنضج الاعتدال والبلوغ الكامل في هذا الحجر. لذلك ما فضلناه إذ كان أقرب مدة في الممارسة من تلك لأن عشرة أقرب من مائة بغير شك ولا مرية، فقد كمل بهذا صحة أمر الحجر. وفي هذا معان كثيرة لم يدركها الوضع لها في الكتب، لأن علم الواضع للكتاب أعظم من الكتاب، إذ كان لم يمكنه استغراق

جواب ذلك «إنا نفصل نار الشعر أو غيره كما استخرجنا نار الحجر». فنقول «هذا خطأ» وقد ذكرنا ذلك في كتاب لنا من المائة والاثني عشر يعرف بكتاب الأسرار نذكر فيه العلة في ذلك ولن ينفع دون ذكرنا له ما ههنا.

فنقول: ينبغي أن تمتحن نار الحجر في فعل وفعلين وثلاثة وما زاد، فإنه أجود وأصح، وتمتحن النار المستخرجة من النوع الآخر، فإن فعلت نار النوع كفعل نار الحجر في جميع أفعالها فنار النوع هي نار الحجر لا غير. ومتى خالفتها فبلغ بها التدبير حتى تبلغ مبلغ نار الحجر ويكون مثلها. فهذا شيء يغنيك عن الحجر أولاً من أجل أنك تحتاج إلى معرفة فعل ناره لتمتحن بها نار الأنواع، فهذا يغنيك عن الحجر، إن لم يوجد بعد معرفتك بصحة فعل ناره إن شاء الله.

استقرئ النظائر بعد ذلك وافطن ولولا أنني شرطت أن لا أرمز في كتيبي هذه لم أفسر ذلك لأنه غير مستخلق على من يفهم، ووجود من يفهم غزير، وإنما وضعنا هذه الكتب لمن لا يفهم - وكتبت التي هي لمن يفهم هي كتب الفلاسفة القدماء - وإنما شرحنا لمن لا يفهم. فمعنى قولنا «استقرئ النظائر» أي: دبر أي نوع شئت كما دبرت

سواء في بعد المدة وقلة ذكائها عن كثرة  
ذكائها إذ كان أصول الأشياء كلها من  
العناصر وكان ائتلاف الجنسين المتين ناقصاً  
عن حد ذلك الجنس إنما تكونت من  
العناصر الأربع وجب أن يكون هذان  
الجنسان هما في الفعل كذلك الجنس إذ كان  
الأصل واحداً.

فإن قال قائل: فما بال اختلافها في طعومها  
وألوانها وأفعالها. قيل له: قد تقدمنا في  
كتابنا هذا، فقلنا إن العلة في ذلك أمر الزيادة  
والنقصان من العناصر فيها، فهذا هو  
الحاجز عنها وعنه كإحالة الظلمة نور البصر  
إن يصل إلى الأنوار اللاهوتية لقلّة الصفو  
وكثر الظلمة.

قد عرفناك أصول هذه الصناعة في أمر هذا  
الحجر الذي هو نوع من جنس وأمر الجنس  
كله. ثم أضفنا إليه أمر الجنسين الآخرين  
ليستكمل بذلك القول.

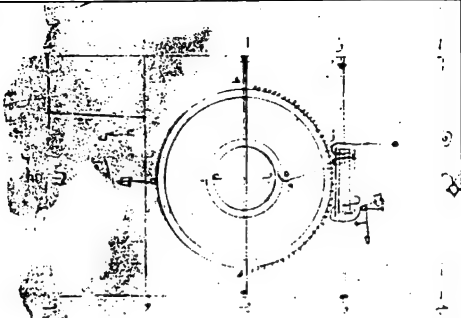
وقد بينا ذلك في كتاب لنا من المائة والاثني  
عشر يعرف بالرد على من أبطل الصناعة،  
وهو الكتاب المعروف بالبرهان وإثبات  
الصنعة، ويستوفي هذا القول فيه. ونرى أن  
ما تركب من العالم في العالم من كل واحد  
من الأنواع عالم بدليل قائم. وقد بينت  
ذلك في قصائدي أيضاً بشعر عرفتك من  
سراير ما يحتاج إليه فينبغي أن تدرسها

الحجة أبداً إلى نهاية ما في الأمر وفي  
الصناعة، إذ كان الخاطر لما أتى بالأول من  
غير أصل يمكن أن يأتي بثان من أصل وغير  
أصل. فمن غير أصل كالمبتدع الأول، ومن  
أصل من التكون للأول الذي من غير  
أصل. فاعرفه إن شاء الله. فلذلك بان  
عذرنا في تركنا بعض الحجج في المسألة  
والنكتة ونحن نستغفر الله كثيراً.

قد أتينا أمر الحيوان بما فيه كفاية. اعلم أن  
أهل الصنعة أقاموا الحجر مقام الأول  
وأقاموا جميع الحيوان مقام المبتدعة لذلك  
الأصل. فما صفاً منها لحق بذلك العنصر  
العظيم، وما لم يصف ويتكامل فهو مثل  
المبتدعة في حالته. فهذا ما في الحيوان، ونحن  
نستغرق ما فيه إن شاء الله.

اعلم أن للحيوان مراتب يزيد بعضها على  
بعض وحجر الفلاسفة له حد واحد لن  
يتجاوزه أبداً عن حالة واحدة. فأما الحيوان،  
فعلى قدر زيادته ونقصه يكون فعله في  
الأشياء. ولها مراتب في الأفعال بقوى  
وخاصية لكل نوع فاعرف ذلك. فكأنني قد  
قلت هذا الكلام في شيء واحد. فاعرفه إن  
شاء الله.

الأشجار والأحجار تقوم مقام الحجر أيضاً  
وكل نوع منها فيقاوم الحجة على الشرط  
المتقدم في أمر الأنواع من جنس الحجر



### الشكل الثامن عشر

في هذا الشكل كلام صنف قوا عليه من اوعلى يد خا لنوع قد تاعا  
 النار وتاعا ق البق و هذا ان الصاء اذا طلت ساعة من ساعات  
 النهار او الليل وتوجه الى الشمال فاعلم ان هذا هو حصة من النار وهو  
 شكل عزب العمل في النبعة سهل المرونة فلهذا  
 ما لا ضرر من عليه الصولين وهو شكل آية ج وبصورتها  
 آية وبصورتها التنازل الى على كرسى عا كرسى عا وعلى سطح السطح  
 مصنوع ومهم لا صوبه كرسى عا ويكون في هذا الشكل عيسى الماء  
 وماء عيسى كرسى عا كرسى عا ويكون في هذا الشكل عيسى الماء  
 وتكون في هذا الشكل عيسى الماء ويكون في هذا الشكل عيسى الماء  
 كرسى عا كرسى عا ويكون في هذا الشكل عيسى الماء

وتحفظها في أمر هذا الحجر إن أردت علمه على استقصاء. فينبغي أيضاً أن تعلم أن فيه تدبيرين، أحدهما متقدم قد بطل أهله، والثاني ففي المرتبة الثانية، وهو دون ذلك كثيراً. وقد استغرقنا القول فيه في كتاب واحد لنا يعرف بكتاب المتحد بنفسه ونحن نستغرق المعنى الأبعد الذي على رأي الفلاسفة في كتاب لنا يعرف بالاستقصاء الاس. وهو أول كتبنا المائة والاثني عشر في المعنى الأبعد الذي قال الفلاسفة أن من عمله لم يحتج أن يعود فيه ثانية. وتستوفي فيه الكلام بغير رمز ولا دغل ولا نكتة ولا

لفظة تحويه في كتابنا المعروف بكتاب غرض الأغراض، وهو الكتاب الأخير من المائة والاثني عشر، وهو المبدد في كتبنا كلها من أولها إلى آخرها في كل معنى ونذكر بعد ذلك الباب الذي هو دون ذلك فعلاً وعملاً ومدة، وتستوفي الكلام فيه على الجنين الآخرين في مواضعهما إن شاء الله. ليس ينبغي أن تفوتك هذه المقدمات التي في كتابي هذا إن أردت عمل الباب الأعظم، فأعرفها. فقد نصحتك وما ألغزت إن شاء الله. تم كتاب اللاهوت بحمد الله ومنه وهو الأول من السبعين.

### كتاب الباب

بسم الله الرحمن الرحيم والحمد لله رب العالمين وصلى على سيدنا محمد نبيه خاتم النبيين وإمام المرسلين وعلى آله الطيبين وسلم.

قد تقدم لنا كتاب قبل هذا سميناه كتاب اللاهوت، ذكرنا فيه أصول هذه الصناعة في الشيء الأعظم وكيف يكون ونحن ذاكرون في كتابنا هذا التدبير لتلك المقدمات، في الطريق الأوسط الذي هو بين الشاسع والداني. ورسنا هذا الكتاب في كتابنا المعروف بترتيب قراءة كتبنا أن نذكر

في هذا الكتاب التدبير الثاني الذي هو الأعظم في مدة أربعين يوماً. ونحن نبثدئ بذلك ونستوفي فيه الكلام إن شاء الله تعالى. إن الشرط قد تقدم لنا في غير كتاب أن نستوفي كلامنا أولاً ثم نعارض فيه، أو نستوفي وضعنا ثم ندبره.

اعلم أن هذا الذي يرتفع في أربعين يوماً مقداره في الصبح كمقدار ما ذكرناه في المائة والاثني عشر كتاباً من التدبير الثاني من الحجر الأول، وقوته وفعله ومدته أربعين يوماً، وهذا التدبير وما يجيء بعده فهو



فاحتالوا لما يتم في أيام أن يتم في يوم، وإن لم يطهرها الطهارة الكاملة فيكون بذلك نقصاً به فينقص فعله، وكل ذلك لقلة النشاط ولشدة الحاجة إلى ذلك فصار تدبيراً ثالثاً وعملاً ثالثاً، وهو المذكور في كتبنا الثلاثين. وكذلك العلة في الحجارة والأشجار على هذه المقدمة التي ذكرناها في أمر قلة النشاط وكثرة الحاجة. ولذلك فرقنا بين كل واحد على حدته كيلا يدخل تدبير في تدبير فيطلل بذلك الكل فأفردناه ليعرف من صاحبه. تدبير رابع لم ينحسر عن تلك كما ذكرناه في هذه الثلاثة لكن كان بعد مدى ما في ذلك التدبير كما كان مدى الأول صعب المتناهي وذلك مثل الشعر والبيض وما شاكلهما والزيتون واليسر من النبات وما شاكلهما. ومن الأحجار كالعقاب والعروس وما شاكلهما. فلما كانت هذه لا تبلغ إلى تلك الدرجات لا لأنها ليس في الممكن أن تبلغ إلى تلك الدرجة ولكن بعد المدة العظيمة: ما أنه لو أراد مريد أن يجمع كراً من الطعام بأن يأخذ كل يوم حبة فيجمعها، لا يجمع منها على طول الزمان لكن لا فائدة في ذهاب ذلك الزمان بجمع حبة حبة، فكذلك لا فائدة لنا في طول هذا التدبير حتى يبلغ إلى تلك الحالة بتضييع الزمان الذي يمكننا فيه

على هذا القياس. والقياس فيه أن تعلم أن هذه التدابير كلها خطرة أن يبدأ بها المرتاض المتعلم، فهذا خطأ، لأنه يدخل عليه التعلل كثيراً من وجوه شتى. والصواب أن يبدأ المتعلم أولاً بتدبير الباب الأعظم على الطريق الأبدع من الشرح في التدبير الثاني. والفلاسفة كلها لم تقل هذا ولم تسمح بغير التدبير الأول المتناهي البعيد. وسنذكر ذلك إن شاء الله عز وجل في كتابنا المعروف بالأعراض ونستقصي الكلام فيه مشروحاً.

ونقول أيضاً هنا إن التدبير للشيء الأعظم على أربعة أوجه أحدها الأبعد الأول، والثاني المعروف بالتدبير الثاني. وقد ذكرناهما في المائة والثاني عشر واستوفينا الكلام فيهما على التمام، إلا أنه مرموز في الأول مشروح في الثاني. والتدبير الثاني تلخيصه هو ما في هذه السبعين الذي هذا الكتاب أحدها. وجميع ما في هذه الكتب من التدبير الثاني، إلا ما كان من أمر الحيوان الذي ليس له تناء يقارب الثاني؛ فإننا نذكره عن آخره، وكذلك في النبات والأشجار، ونستقصي الكلام فيهما إن شاء الله عز وجل.

ثم الجنس من الثاني بالثالث أعني تدبيراً ثالثاً. والعلة فيه بعد مدى الثاني على المدبر

عن تلك. ونحن نبدأ بالتدبير في مدة أربعين يوماً كما ذكرنا أولاً، وضمنّا في صدر كتابنا هذا، ونستوفيه بغير رمز كيلا يحتاج إلى شرح. ولم نضمن ذلك في صدر كتابنا هذا لكن ضمنّا الإبانة والشرح التام. ونحن نفي بذلك إن شاء الله.

يتبني أن تعلم أن التقطير في هذا التدبير الذي في الكتاب وفي غيره أن لا يحتاج إلى وقت بعينه، فهذا أحد ما يصعب به التدبير أولاً، وثانيه أنه إن كان مقطراً يجتنى عند صاحبه قبل وقت عمله مفصلة في الأزمنة التي ذكرناها له، فهو على حال أنجع قليلاً. فإذا عرفت أن التقطير لا وقت له، فقد زال عنك بذلك شكوك كثيرة في أمر التدبير الثاني.

ثم تعمد بعد التقطير إلى الماء، وهو يقطر في يوم، فقطره بالرطوبة ثلاث تقطيرات جياد، فإنه يصفو. ثم تعمد إلى ذلك الماء فتدفته في أرض أو سرجين أو ندوة، وتكن الأرض ندية أو في جب فيه ماء، في موضع ندي يوماً وليلة، والليل أوفق بك. ثم تعمد إلى قرعة مضغوطة الوسط - وقد ذكرناها في كتاب العمالقة الصغير - وتصب الماء في أرضها ثم تعمد إلى قضبان الخيزران فتشققها أنصافاً، ثم تعملها حلقة فتشد وسطها أو موضع مبلغ الخنق من القرعة

بلوغ ذلك. ويبلغ من ذلك الثاني في ذلك الزمان شيء يسير. وكان نهاية ما في تلك إذا دبرت بمحض تدبيرها، كان لها منتهى هو دون الثلاثة. فأوردنا له أيضاً كتاباً وصنفنا له أجزاء. قد ذكرنا ذلك فيما تقدم من كتبنا وفي هذه وما نستأنف.

وسمينا هذا بكتاب الباب أي بمعنى أن نذكر فيه الباب الأعظم بالتدبير الثاني في المدة البعيدة في مدة يسيرة، فهذا فضل كتابنا هذا - وإلا فلا حاجة لنا في وضعه - وهو قرب المدة وبعدها. ونحن نبدأ بعد ذلك.

فنعول: ما سبب ذلك في القرب والبعده؟ نقول أولاً: إن سبب بعد تلك وقرب هذه هو شدة التحفظ في تلك من جهة المخافة، وقرب المدة في هذه هو اقتدار على الصناعة، وهو أن نذكر مثلاً في ذلك تسميع عشرين مرة ومرتين تجزئية، فنذكر ثم عشرين وهنأ مرتين ونذر أشياء من أدوات الصناعة، تركها كعملها، إن عملت لم تحتج إليها، وإن تركت استغني عنها بغير فساد داخل عليها. فهذا هو الفرق في بعد تلك وقرب هذه، والأصل واحد.

نقول أيضاً: إن التطهير الذي يداخل العنصر منها عشرين مرة ليتطهر، تجمع له أشياء تقوم في استعمالها مرة واحدة كمقام العشرين مرة في التدبير فهذا أيضاً يتفصل

عشر.

فأما إن زاد تقطير الدهن على تلك المرتبة التي هي الضعف فزد تقطير الماء، لأن يكون من جنس الدهن، وإلا تغايرت الطابع في النوع، فلم تتفق لتغايرها، فاحفظ ذلك. وإنما جعلنا للدهن ضعف تقطير الماء، والماء يقطر سبع مرات لأن للماء حداً وللدهن حداً. فأما حد الماء، فإن يكون أبيض، لا كيباض الماء بل بياضاً لئياً، وهو ملين أيضاً. وعلامة الدهن أن يحمى له المريسج (١) ويغمس فيه فيلينه، وقيم الأرواح إذا سقي بها. فجعلنا له ضعف الماء لأن يبلغ إلى هذا الحد، لأنه ربما دخل على المدبر الخطأ، فلم يتم في سبع مرات فهو يتم فيما بين السبع إلى أربع عشرة. وليقطر بالقضبان هذا الدهن بالرطوبة في أول مرة بقضبان دقاق، ويضعف له القضبان في غلظها لكل علامة مرة على الحساب. ولكن في قرع قصار أولاً حتى يتبيض. ثم تطول القرع له فالأول قصر مخافة من النار، والثاني طول لأنه صار ألف النار، فاعرفه إن شاء الله تعالى. وهذا بخلاف ما ذكرناه في كتابنا المعروف بالمتحد، لأن هذا ضده. لأننا قلنا: ثم ابدأ بالغليظ ثم انقص، وإنما ذلك لأن تنسلخ الأوساخ من أنفسها قليلاً قليلاً. فهذا هو موضع الخلاف بين الاثنين، فاعرفه.

من القضبان بقطن أو مشاقة والقطن والخرق أجود، وتحكم الشد بالخيوط ما بين القضبان حتى لا يمر فيه النفس ولا البخار دون الماء. واحكم الوصل له من خارج أعني الأنبيق والقرعة بعد أن تعوج أطراف القضبان مصوبة إلى خندق الأنبيق ويكون تعويجك له قبل تركيبها بمدة يلا ينفث وقت العمل، وتشد بخيوط على عمل الصوالجة، ثم قطره باليابس بنار خفيفة. أعد ذلك عليه ثلاث تقطيرات ثم ادفته. ثم أعد رابعة بالأس مكان الخيزران فهذا سبع مرار، يخرج لها حسن البياض متاه على ما قد شرطنا في أول الكتاب، فاعرفه إن شاء الله.

اعمد إلى الدهن فاستقطره بالرطوبة أولاً، فهو السر فيه، بقضبان الأس فإنه يخرج أبيض فيه صفرة. وأعد عليه العمل بالقضبان والنار اليابسة، فإنه يصفو في سبع مرار. وهذا الشيء، إن زدت في تقطيره بالقضبان على سبع، جاز إلى أربعة عشر مرة ليكون أمناً من الخطأ. فإن زدت على الضعف لم يصلح أن تستعمله مع هذا الماء - وهذا من سائر ما عندهم - وكذلك للنار حد من الدهن والماء والأرض كذلك، وهذا لازم في جميع التدابير - وهو سر فاحفظه. فلذلك ما طال به شرح كتبنا المائة واثني

الأول وتسحق على صلاية سحقا محكما  
ثلاثة أيام بلياليها، وتشرب ما شربت، ثم  
تجفف في الشمس وإن تصمغت ففي الهواء.  
ثم تعيد عليها السحق والتشوية يوماً آخر،  
وتجففها وتعيد عليها ذلك. ثم تضعها في  
قدح مطين وتكب عليها قدحاً آخر غير  
مطين وتدعها على رماد سخن حتى تجف  
من الماء ولا تدخن ولا تجحف بها النار. ثم  
أعد عليه العمل كذلك حتى يصير شمعاً  
ذائباً يتختم فلا يتصمغ. فهذه العلامة لا بد  
من أن تبلغها النار أو تجعلها ذروراً يابساً  
وذلك بتصليب النار قليلاً قليلاً حتى تتحجر  
كالثراب، لأنها تلتدن كالصمغ، وتلتزق لأنها  
تخرج من التقطير ملتزقة متصمغة متشوشة  
عكرة وحشة. وهي إذا تشمعت أو تحجرت  
حسن لونها واحمر واصفر فتبلغ بها أي  
المرتبتين أردت، فهو جيد بالغ وذلك يتم لك  
في خمس تشويات وتسقيات إلى سبع،  
والسبع نهاية ما فيه في الباب المذكور في هذا  
الكتاب، وهو يبلغ في يد الماهر غير الحاذق -  
معنى الماهر غير الحاذق الصانع غير العالم.  
ولن يبلغ به في خمس إلا محنك مدرب ذو  
تجربة وصنعة وعلم التحنك.  
وهذه النار، من علامتها أنك إذا أحميت  
شمساً وغمستها فيها أخرجته لا كالذي هو  
بل صابغاً، ويصير في عين أخرى إذا غمست

فعلامه الماء وعلامة الدهن: فلا بد لكل  
واحد من هذه العناصر من علامة يبلغ بها  
في التدبير، وإلا لم يقع على ذلك حصر بته.  
فهذه علامة الماء في هذا الكتاب. وطالبنا في  
كل موضع من المواضع بعلامة فإن لم نأت  
بها، فالباب باطل. وذلك لأن الخطأ يلزم  
الناس جميعاً، وبخاصة فأهل هذه الصناعة  
فهو موكل بهم. فلا تسلك شيئاً إلا على  
هدى وقصد مستو، فهذه نصيحة ينبغي أن  
تحتفظ بها في جميع كتب الفلاسفة وكتبنا في  
جميع فنون هذه الصناعة وفي غيرها فإن  
الفلاسفة تشترط ذلك على أنفسهم شرطاً  
عظيماً متأكداً.  
وقد بينت ذلك في كسبي العشرة الأولى من  
ألفاظهم والحسن من كتبنا هذه التي ذكرنا  
ما فيها عن الفلاسفة أنا نأتي بالفاظهم  
المشهورة في أيدي الناس، ثم نأتي بما نذكره  
في ذلك من التفسير، نرى عليه البيان والمحنة  
بما قد عمي الناس جميعاً.  
وإذا قد عرفت هذه الشروط إلى ههنا فنحن  
نبدأ بشرط العنصرين الآخرين كما أوفينا  
الكلام في الأولين على حسب ما يحتمل  
من الكلام فيه - ويحكم الله عز وجل لنا  
فيه بمشيئته.  
أما تدبير النار فينبغي أن تدبر هذه النار بأن  
نخلص من الدهن أولاً، ثم تسقي من الماء

للتار لا يتغذى إلا منها ولا ينفر عنها ولا يتباغضان، ويطلبها وتطلبه ثم يقطر بعد ذلك في قريعة صغيرة بنار لينة أولاً ثم تشد عليه النار قليلاً قليلاً حتى لا يبقى فيه من الماء شيء. ثم ترد القاطر عنه عليه. وتسحق على صلاية، ثم يقطر أيضاً. تفعل به ذلك حتى يثبت في أسفل القرعة. فإنه يفعل هذا الفعل في الشمس والقمر بعد تسقيته ما خرج منه من علامة الماء؛ وذلك رمز.

اعلم أنه ينبغي أن تقطر كل ما ثبت بالتسقية حتى إذا قطر في آخر الأمر لم يقطر منه شيء البتة. فإنه يفعل ما ذكرناه في الذهب والفضة، فهذا علامة النار. قد وصفناها واستقصينا القول فيها وعللنا لك عليها كما علمنا لك على الماء والدهن فاحفظه. فهذه ثلاثة أركان كاملة، ونحن نستوفي الكلام بعد ذلك - ولله الأمر - على الأرض وتديرها وعلامتها.

ينبغي أن تسحق وهي سوداء ناعماً كالذرور وتصلو حتى تصير ذروراً. وتسحق بعد ذلك وتلقي عليها شيئاً من الملح أو من المياه الحادة المألحة وتسحقها به على صلاية وتصلوها بعد ذلك. وتغذيها بالماء العذب، تفعل به ذلك حتى يسفر لونها من السواد الخالك. ثم تسقيها من مائها المدبر بنهايته بالسحق الشديد على صلاية

فيها ثلاث مرات أو أربع ونهايته سبع حمايات وغمسات. فهو علامة النار، فاعرف ذلك. فإن لم تفهم قلولي، فاعلم أنك متى حميت أحد النوعين التيرين وغمسته في هذه النار أو ألقيت منها عليه، حمر الأبيض، وزاد الأحمر حمرة وصبغا حتى يكون بها صبغاً لشيء من الأبيض فاعرفه، فهذا علامة النار. فقد شرحناه لك، ولم ألتز فيه شيئاً.

ولطائفة من الناس فيه تدبير آخر وهو لعمرى أسلم كما ذكروه - ولقد صدقوا في ذلك. وهو أنهم يلغون به إلى المرتبة التي يكون كالتراب في اللون بل في نفس تجسمه وفي صلابته ولونه أحمر يضرب إلى السواد. ثم هبوه بين قدحين حتى يصير روحانياً ثم ثبتوهم بعد ذلك وقالوا: وجه تهيئته إدخال روح من الأرواح تجذبه إلى العلو، وهو عروس العروس أو عروس العنان أو ما أشبه ذلك، أو عنان أحدهما. وهذا فيه ما تعلم مما قد تقدم من الشرط. ولكن وجه تهيئته أن يدخل إلى القدحين، وتضرع بالنار الشديدة، ولا تسقي من الماء شيئاً. ويلزم الوقود والسحق حتى يصعد. ولقد غاب ذلك عنهم. والوجه عندي الذي هو الصواب أن تهبي بهذا ثم يثبت وثباته أن تسقيه الماء وتشويه بالنار اللينة وترد الأعلى على الأسفل دائماً حتى يثبت أسفل كالولد

كان الصفاء إنما هو التطلع على الحق. وأنت تصفو على هذا القياس من عمى الجهل في هذه الصناعة. أفليس تعلم أنك إذا أعدت العمل ثانية لم تحتاج أولاً إلى كتاب تدرسه كما درست أولاً. وإذا استغيت فأنت مثل من ركب شيئاً من نفسه وليس يركب إنسان شيئاً من نفسه إلا وهو قادر على ذلك. فإذا كنت قادراً على ذلك فأنت صاف من هذه الظلمة التي في هذه الجنية. فإن قال قائل «فهذا محال»، قلنا «لم يصف من جميع وجوهه». فإذا أعطي هذا الشرط وهو مقيم على «لا»، قيل له «فما الصفو؟» فالقطع فلم يأت بجواب، إذ إن أصل الصفو العلم بما جهله غيره. فاحمد الله تعالى واشكره على أياديه واسأله الزيادة ومعنى الزيادة أن يديم ما صبح لك ولا يقطعه عليك، لأنني قد رأيت قوماً بهم من الشوق والأسف والحزن والتأوه على ما قد عاينوه، ثم بطل عليهم خلقاً كثيراً. وذلك كله، وهو قادر عليه، يرى بذلك من دفعه وكفر به «إنه أقرب إليه من حبل الوريد» ولكن لا يبصرون، فيسلبه ذلك. لا سلبنا الله ولا سلبكم ولا جعلنا وإياكم من الذين قال تبارك وتعالى ﴿إِنَّ الَّذِينَ آمَنُوا ثُمَّ كَفَرُوا﴾ ونزع بنا وإياكم عن ذلك وجعلنا وإياكم من الشاكرين. فكنت إذا رأيت هؤلاء القوم فأكثر ما أقدر

يومين وليلتين وإن أدمته، فيوم وليلة. ثم تخفف في شمس حارة وتحق وتشوي ليلة. تفعل به ذلك حتى تبيض ثم تسقي بعد ذلك وتشوي ليلة ثلاث مرات حتى يزداد بياضها وثباتها. وجودة السحق في الأعمال أبلغ ما فيها فاعرفه. ثم هبها كما ذكرنا في أمر النار. واستعمل التقطير لها في القرع الصغار كما ذكرنا أولاً في أمر النار، ورد الماء عليها حتى لا يقطر منها شيء. فهذا يقال له التشميع من قبل نفس الشيء من غير تشميع داخل عليه كحد التشميع المذكور. ولقد استقصينا الكلام في هذا في كتبنا المائة والاثني عشر، في كتاب الأسرار بكلام مستقصى، وهذا جوامعه: وهو أن بعض الأشياء - إذا كانت الأشياء كلها تحتاج إلى التشميع لا بد لها منه - فبعضها يتشمع ولا يتقطر له، ويكون تشميعة من نفسه في نفس تدبيره بغير شيء منفرد وفصل منفصل كما يعهد من أمر التشميع فاعرف ذلك. وعلامة الأرض إذا استقرت في أرض القرعة ولم يقطر منها شيء أن تبيض النحاس كما فعلت النار في أمر الشمس والقمر فاعلم ذلك. فهذه العلامات قد بينتها في الأربع عناصر. وقد فرغت من الباب بقوة الله الواحد القهار. فإذا بلغت ذلك، فقد صفا جوهرك بها إذ

ثلاثة أوجه كل واحد منها يكون منه صبح عظيم وكل واحد منها أفضل من صاحبه. فقالت طائفة من العلماء: حق الجزء من النار أن يكون له من الأرض اثنا عشر جزء. واختلف هؤلاء في ذلك على أصل واحد. فقالت طائفة «لا بل جزء من النار من اثني عشر جزء من الأرض، يكون إذا حصل مع النار أربعة أرباع يكون من النار أربعة ومن الأرض اثنا عشر». وهذه الطائفة من الفلكيين أصحاب الطبائع لكنهم لا يدرون. وقالت طائفة أخرى: «بل ثلاثة أجزاء نار واثنا عشر أرض» وهؤلاء القوم قريب من أصحاب الطبائع. وقالت طائفة: «بل جزآن عن اثني عشر» وكل هؤلاء مصيبون في هذا الرأي، بمعنى أنه يؤثر صيفاً وإن لم يكن بالكامل. وقالت طائفة وهم أصحاب الكواكب: «بل جزء على السبعة» وقالت طائفة من هؤلاء: «مقام النار في الفلك كمقام الشمس والقمر - بل جزآن على سبعة». وقالت طائفة: «القمر مظلم غير نير بل المريخ والشمس فجزآن لسبعة». وقالت طائفة: «بل المريخ والشمس والقمر فثلاثة أجزاء لسبعة». وهؤلاء أيضاً مصيبون، وأن لم يكن في النهاية. وقالت طائفة، وهو مذهبتنا: «جزء من النار على أربعة أجزاء من الأرض» وهم أصحاب الطبائع، ولم يعارضنا معارض إلا من قال:

عليه إذا كان لهم رزق أن استوصف ما عملوا منهم ثم استخرج ذلك فأريه لهم وأمنحهم إياه فيفرج عنهم بذلك. وقد ذكرت ذلك في أحد الكتب المائة والاثني عشر وهو وكتاب يعرف بالتصريف لأنه يضمن هذا. ولولا أن الكلام يطول، لخبرت بعض ذلك ههنا لكن ليس هذا موضعه. ولقد كنت أسمع ممن لا رزق له في ذلك فيذهب عني جميع الوصايا - وحق من أنطقني - إذا سئل ذلك الرجل عن عمله ذلك وكيف كان فلا أدري أضن كان يلحقني أو نسيان فأكون كمن سمع الصفة وليس بالحضرة. كل ذلك حرمان لذلك الرجل. ولقد أتيت بذكر جماعة من هؤلاء القوم عدداً كثيراً في قصيدي الكبيرة النونية التي أذكر فيها جميع الأقاويل إلى علي بن يقطين التي أقول فيها:

قل لعلي بن يقطين

طلبت أمراً ليس بالدون

ولقد أخبر أموره الشاعر من ذلك بعجائب في شعره وكان قد بلي في زمانه بالشهرة بهذه الصناعة، فكان العالم يتتابونه وفيهم ما في الناس من العقل والجهل. ولنعد إلى غرضنا الذي بدأنا به. اعلم أنه ما بقي في أمر الطهارة للأركان شيء وبقي عليك أمر الموازين. فالقول في ذلك على

يحتاج إليه إلى أن تدفنه معه عشرين دفنة وتسقيه عشرين تسقية في مدة عشرة أيام، الأولى في ثلاثة، الثانية في يومين والثالثة في يوم والباقي في تمام الأيام فاعرفه إن شاء الله. وكل دفنة تكون بعض يوم أو بعض ليلة على هذا الفراغ فإن تشمع والا فزده قليل الدهن وليس يحتاج وهذا رمز.

اعلم أنه ينبغي أن تأخذ الألوان بتسقية الماء في هذه الأيام هذه التسقيات ثم تشمعه حتى يتشمع بالدهن بما احتاج من الدهن. فقولنا سقه مثله دهناً أي سقه حاجته والسلام. وعلامته إذا تم بعد أخذ الألوان الغريبة مع كثرتها أن يكون أحمر ناصعاً شامعاً ذاتياً فهذا إتمامه فالقي جزء على ألف ألف ويأتي ألف من أي جسم أردت.

ولهذه الأوزان كتاب باختلاف الأجسام نحن نذكرها في غير هذا الكتاب من كتبنا هذه. وقد وفينا بالشرط إلى ههنا. والمنة لله تعالى، ونرجو أن يعين الله عز وجل وتقدس أسماؤه وسبحانه ونحمده على إتمام شرطنا في هذه الكتب والسلام. والحمد لله حمداً كما هو أهله ومستحقه وصلى الله على صفوته من خلقه محمد النبي وعلى آله وسلم تسليماً. وحسبنا الله ونعم الوكيل. ولا حول ولا قوة إلا بالله العلي العظيم. تم كتاب الباب والحمد لله أولاً وأخيراً.

«جزء على ثلاثة أجزاء» فيكون إذا اجتمع أربعة. وهم أصحاب الحق، وليس نقول هم أصحاب الحق بغير برهان، لأن لأولئك المتقدمين أن يقولوا هذا يصيغ وليس بكامل كما قلنا في ذلك، فمن وافقنا من أصحاب الأفلاك على رأي أصحاب الطبائع فهو ونحن بمنزلة، وكذلك في أصحاب الكواكب. والحجة في ذلك أن يكون واحد على أربعة أن تفصل الحجر أربعة، وهو متكون من أربعة. فإن قال قائل: «فينبغي أن يكون جزء على ثلاثة ليكون أربعة» قيل له أن المتكون من الحجر الأول من الأربعة العناصر لا هو العناصر ولا الأربعة المتفرقة - فقد صح ههنا خمسة وكذلك قد صح هذا أيضاً.

ودليل آخر هو بعيد كالخبر عن النعامة لصاحب الهند، وهو بعد تمام الباب إنهم يلقي واحد من هذا المركب على هذه الأوزان التي على العناصر والمركب على الأفلاك والنجوم، فلا يكون فيها أفضل من الذي على وزن الطبائع والسلام. ثم نعود إلى الغرض.

فنقول: امزجه بعد ذلك بالسحق على الصلاة - أعني النار والأرض. فإذا التفتنا فسقهما من الدهن مثل وزنها - فهذا سر - وهو أن تسقيهما من الدهن ما يبلهما ثم تدفنهما في السرجين. فإذا كان بعد ثلاث تغير لونه فاسحقه وسقه من الدهن ما



## انتقال «الصنعة» إلى أوروبا

«... وما المكتشفات اليوم لتعد شيئاً مذكوراً بالقياس إلى ما ندين به للرواد العرب الذين كانوا قبساً مضيئاً لظلام العصور الوسطى في أوروبا...»

«نيكلسون»  
«إن الشقافة الإسلامية التي بلغت قمة تطورها قد انتقلت إلى أوروبا خلال القرنين الثاني عشر والثالث عشر وأصبحت جزءاً من حضارة العصور الوسطى، وهذا بدوره أصبح الأساس للحضارة الغربية في القرنين الخامس عشر والسادس عشر.»

«كويلر يونج»  
«إنه لا يمكن أن يتطرق إلينا شك في أن الترجمات التي أنجزها أناس من أمثال روبرت أف تشتر، وهرمان البيوغسلافي،

وجيرار الكريموني، واديلار، قد كونت الأساس الراسخ الذي ارتفعت عليه بناء الكيمياء الأوروبية في العصر الحديث...»

«هوليارد»  
أدرك الأوروبيون بوضوح منذ أوائل القرن الحادي عشر قيمة الجهد وأصاله الهدف لكيمياء العرب، وتفتحت أعين الطلاب الأجانب على ذخيرة وافرة من الحقائق والتجارب والتطبيقات في الحقل الكيميائي بدول الإسلام شريقها وغربيها، فإذا بالطلاب الأوروبيين يرتادون نبع العلم العربي بالتعلم حيناً وبالترجمة والنقل إلى لغاتهم حيناً آخر. وكانت ثمار هذا الجهد الموصول أن ذكت فيهم روح البحث والشفغ باستقراء الحقائق وتتبعها وزاد اطلاعهم واعتمادهم على الأدلة

والبراهين في تقبل قضايا العلم الطبيعي. (١٢٥٠ م) نصيب كبير في نقل أحسن ما في المدينة الإسلامية إلى أوروبا عن طريق إيطاليا، فقد صارت «الرمو» في القرن الثالث عشر، مثل طليطلة في القرن الثاني عشر، مركزاً عظيماً للنقل والترجمة إلى اللاتينية.

كانت المؤلفات العربية تترجم إلى الإسبانية ثم تدون بعد ذلك باللغة اللاتينية وتحمل إلى أوروبا لتبدأ بعدها صفحة جديدة في تاريخ الكيمياء، ومرحلة حاسمة تمثل انتصار الإنسان وتحكمه فيما كان مجهولاً

#### وسائل الاتصال

وصلت المعلومات الكيميائية التي حوتها مؤلفات العرب عن طريق ترجمتها في إسبانيا، حلقة الاتصال إذ ذاك وملتقى الطلاب السريانيين والأوروبيين والبؤرة الأصلية التي نفذ خلالها العلم العربي إلى أوروبا. وكانت المعابر الجغرافية التي عبرت منها الثقافة الإسلامية إلى أوروبا المسيحية ثلاثة: إسبانيا وصقلية وسوريا مرتبة حسب أهميتها.

كانت صقلية ميداناً للتلاقي الحربي بين لغات اليونان واللاتين وعرب البربر ومعارفهم. وكانت النتيجة نشوء ثقافات مختلطة، كان لها بفضل تشجيع «روجر» الثاني (١١٧٥ م) و«فرديريك» الثاني

أو ما كان يبدو مستحيلاً.

وقد كانت أول ترجمة لمؤلف عربي في الكيمياء هي تلك التي أنجزها «روبرت أف تشستر Robert of Chester» الإنجليزي ونشرها في شباط سنة ١١٤٥ م بعنوان «كتاب تركيب الكيمياء» The book of composition of Alchemy وقد أورد المترجم في مقدمة هذا الكتاب التاريخي قوله: «أنها اللاتينيون. بما أنكم لم تعرفوا بعد ما هي الكيمياء، ولا ما هي تراكيبها، فإنني سوف أبين لكم ذلك في كتابي هذا وأغلب الظن أن ما جاء بهذا الكتاب ينسب إلى ماريانوس الرومي Mairanus أستاذ خالد ابن يزيد الأموي. كما ترجمت رسالة

ويمكننا أن نعتبر، على أية حال عام ١١٤٤ م البداية الحقيقية لدخول الكيمياء العربية إلى أوروبا الغربية. كما يمكننا في الواقع أن نعتبر سنة ١١٤٤ م الميلاد الحقيقي للكيمياء الأوروبية.

ولكن ألا يعني ذلك أن هذا الأمر مرتبط بالترجمة عن العربية إلى حد بعيد. لقد ظهرت في منتصف القرن الثاني عشر مؤلفات في الكيمياء كتبها «روجر» Roger of Hereford وفي النص الأول من القرن الثالث عشر كتب «ميشيل سكوت» Michael Scot رسالتين كما ظهر كذلك اسم ريتشارد أف وندوفر Richard of Wendover وروبسرت أف تشستر، وكتب جيرار الكريموني (Gerard of Cremony ١١٧٨ م) أهم أعمال تلك الفترة.

ويُعد جيرار هذا أعظم المترجمين للكتب العربية إلى اللغة اللاتينية، وقد كتب عنه أحد تلاميذه فنسب إليه أنه ترجم ٧١ مؤلفاً عربياً في مختلف العلوم. وأضاف له البعض مترجمات أخرى والظاهر أنه كان مشرفاً على مدرسة للترجمة يعاونه فيها تلاميذه، أو يترجمون تحت إرشاده. وأهم من ترجم في طليطلة سنة ١٢١٧ ميشيل سكوت Michael Scot الذي أصبح فيما



تأثر كثير من الإسبان، دون أن يعتقدوا الإسلام بالحياة الإسلامية وتقاليدها. وافتخروا بتكلم العربية ونظم الشعر. وهؤلاء هم المستعربون. ألفارو القرطبي، أسقف قرطبة، له كلمة مشهورة يتحسر فيها على ولع الإسبان بالأدب العربي والفلسفة الإسلامية بينما يهملون اللاتينية. ويكتبون بالعربية ويزدرون الكتابة بغيرها. التأثير الإسلامي نفسه واضح في الفنون. في مخطوط لاتيني من القرن ١٣ نجد صورة لقطاف العنب وأعمال الحقل. وتظهر فيها التأثيرات الإسلامية بجانب تقاليد الرسم في القرون الوسطى.

للرازبي، تتناول موضوعات الكيمياء العملية وتصنيف المواد والمشتقات، والقسم الخاص بالكيمياء من كتاب «الشفاء» لابن سينا الذي ترجمه «ألفرد» Alfred of Sareshel في القرن الثاني عشر وكان له أبلغ الأثر في الكتاب اللاتين الذين اتبعوا ما اختطه ابن سينا من منهج نقدي فاحص في مواجهة الخيالات والتصورات الكيميائية الزائفة».

بعد في خدمة الإمبراطور فردريك الثاني Frederick II وقد كانت له كتابات في الكيمياء وفي علم «الصنعة». وكذلك البابا «سلفستر» الثاني والبير Albertus Magnua (١١٩٣ - ١٢٨٠) الذي نجد في كتبه كثيراً من الاقتباسات المأخوذة من مؤلفات المسلمين وخاصة كتب العبقري ابن سينا فيما يتعلق برأيه في إنكار التحويل واستحالة المعادن، إذ ليس في مقدور الكيميائي أن يتم «التحويل» الكامل. وتأثر «ألبير» كثيراً برسالة ابن سينا «في النفس» De Anima يقول عنه العالم الفيلسوف «أرنست رينان»: «علم ألبير كله مأخوذ من كتب ابن رشد وابن سينا. وهو لم يخرج عن ترجمة كتب العرب واستساخها».

كان «البير» يعتقد النظرية المعروفة في أصل المعادن وأنها تختلف فيما بينه باختلاف نسبة الزئبق والكبريت الموجود في باطن الأرض. وقد وجه النقد العلني إلى موضوعات الكيمياء التي لم تصل في نظره إلى مستوى العلم مما كان له أثره في أن يفقد الطلاب اهتمامهم بالموضوع. وقد وضع «البير» ثمانين قواعد للتجريب على الكيميائي أن يراعيها عند إجراء تجاربه، متابعاً في ذلك الشيخ الرئيس ابن سينا.

ومن ترجمة هذا العصر «ريمون ليل» و Roman Lull و Raymund Lully الذي كان يلقب بكبير ترجمة طليطلة. وفي كتابات ريمون ليل ذكر لكربونات الهوتاسيوم وملح الطرطير الذي كان أبو المنصور الموفق أول من وصف طريق تحضيرها. كما وصف كيفية تجهيز حمض النتريك Acid Nitric الذي كان جابر بن حيان أول من اكتشفه وبين طرق تجهيزه من قبل.

رواد البحث الكيميائي في أوروبا ومن الكيميائيين الذي اشتهروا في أوروبا واعتمدوا على كتب العالم العربي، الإنجليزي روجر بيكون Roger Bacon (١٢١٤ - ١٢٩٢) الذي كان يجيد العربية إجادته لللاتينية والذي وصف البارود فأصبح من بعده شائعاً في أوروبا. وله عدة مؤلفات في الكيمياء وجد أن أحدها تلخيص لكتاب ابن سينا في النفس الأمر الذي يلقي ظلالاً من الشك في أنه كان يجري التجارب أو أنه كان على بصيرة تامة بمثل هذه الأمور.

وقد كان «روجر بيكون» يرى ضرورة

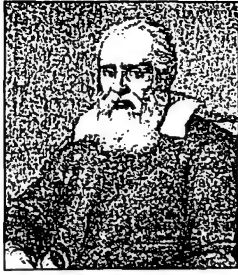
استفادة الطب من الكيمياء. ثم تدافعت بعد ذلك أسماء من درسوا الكيمياء من الأوروبيين على هدى التراث العربي «أمثال برنارد پاليس» Bernard Palisy (١٥١٠ - ١٥٨٩) و«دينيس زاتشير» Denis Zachaire و«برنارد تريفيسان» Bernard Trevisan (١٤٠٦ - ١٤٩٠) و«ليوناردو دي فينشي» Leonardo da Vinci (١٤٥٢ - ١٥١٦ م) ومن الذين كتبوا في الكيمياء وتأثروا بكيمياء العرب أيضاً العالم (فينسينت دي بوفيه) Vincent de Beauvais (١١٩٠ - ١٢٦٤ م) وكان راهباً من الدومينيكان ألف موسوعة بعنوان تأملات في الطبيعة Speculum Naturale وبها فصل من الكيمياء معظمه مأخوذ من ترجمات لاتينية لمؤلفات عربية.

كما ظهرت مؤلفات لاتينية في الكيمياء عزاها أصحابها إلى جابر Geber ليضمنوا لها الذبوع والانتشار. وربما كان مؤلفها شخصاً مجهولاً غير جابر إذ يصعب القطع تماماً في هذه المسألة. وأفضل كتب هذه المجموعة الكتاب المعروف باسم Summa Perfectionis والذي يمثل جهداً عملياً قامت الكيمياء فيه على أساس من التجريب المحكم. وما احتواء هذا الكتاب

من آراء نظرية وتجارب عملية مأخوذ من المصادر العربية. وربما يرجع تاريخ هذا المؤلف إلى نهاية القرن الثالث عشر. وهذا الكتاب يمثل ما انتهت الكيمياء اللاتينية إليه حتى ذلك الوقت. ولنا أن نعتبره رمزاً للبداية الحقيقية لبقطة الكيمياء في الغرب. ولم يكد يحل القرن السادس عشر حتى أصبحت المؤلفات العربية الأصلية والمنقولة من العلوم الطبيعية شائعة في دوائر أوروبا العلمية.

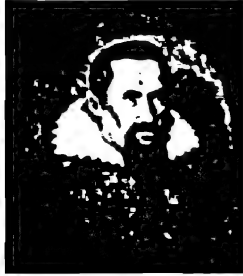
ومن الطريف، أن نشير هنا إلى أن الكتب الكيميائية التي ظهرت في أوروبا بعد ذلك سواء أكانت مؤلفة أم مترجمة عن العربية قد حفلت بالكثير من المصطلحات العلمية العربية في الكيمياء. كأسماء المركبات والمواد والأجهزة. فمن ذلك،

رهج النار Realgar، الأنثيموني Antimony الكحول Alcohol الصابون Savon والبرتو Spirto القلي Alkali والتوتيا Tutia والخمير Kamir القصدير Kazdir الغاز Gas، الزئبق Zaibag، أبو القرع Abulkara والأمبيق Alembic، والدانق Danik، الأثال Aludel إلى غير ذلك من الاصطلاحات العربية الأصل والتي لا تزال باقية حتى الآن.



أسهم علماء لامعون من أنحاء أوروبا كافة في شو العا  
دفع النضد التقاني والاقتصادي قدماً إلى الأمام. ومن  
كوپرنيكوس من بولندا وكبلر من بوهيميا، وغاليليو  
إن الكيمياء الأوروبية المبكرة ثمرة لثراث  
العرب. ومن الصعب أن نفهم كيمياء  
اللاتين في العصر الوسيط دون أن تكون  
لدينا فكرة واضحة عن مؤلفات العرب،

٣٨ ..... الكيمياء عا



والفشل أمام هذا التراث الهائل الذي يزداد على مر الأيام ثراء، ومازج شعورهم هذا إعجاب وتقدير بلغ حد أن أصبحوا لا يفتقون معه في قدرتهم على ملاحظته أو تجاوزه. في هذه الفترة بدأت حركة الترجمة وما كانت تثمر وتؤتي أكلها حتى ظهر علماء أوروبيون في الكيمياء، على نحو ما سبق أن بيّنا، يدفعهم الإخلاص للمعلم والرغبة في الوقوف على أسرارهم. وبدأت الكيمياء الأوروبية منذ القرن الخامس عشر تقترب من الروح العلمية وتبعد عن المفهومات الضيقة.

وما لا شك فيه أن الترجمات التي أنجزها أناس من أمثال روبرت أف تشستر وهرمان اليوغسلافي وجيرار الكريموني واديلار، قد كونت بحق الأساس الراسخ الذي ارتفع عليه صرح الكيمياء الحديثة في أوروبا.

ومما لا شك فيه أن الترجمات التي أنجزها أناس من أمثال روبرت أف تشستر وهرمان اليوغسلافي وجيرار الكريموني واديلار، قد كونت بحق الأساس الراسخ الذي ارتفع عليه صرح الكيمياء الحديثة في أوروبا.

نكسة الكيمياء في أوروبا  
إلا أنه - مما يؤسف له - قد حدث في تاريخ الكيمياء الأوروبية أن انحرف بها عن جادة الطريق نفر من العلماء والمشعوذين الذين أصبح همهم اتقان صنعة التزييف والتقليد، وانحصرت جهودهم في كيفية الحصول

على تلك المادة التي يتحول بها المعدن الخسيس إلى الذهب. فكان من المألوف في تلك الفترة أن نجد أناساً متجولين يَحْكُوا عن الثروة.

وخلت كتب هذه الفترة في معظمها من الإبداع والأصالة وشاعت طرق التزييف والخداع فكان البعض يحضر مسماراً نصفه من الحديد والنصف الآخر ذهباً مغطى بلون أسود، ثم يأتي أمام الناس ويغمس المسمار في سائل يذيب الطلاء الأسود فيبدو، على أثر ذلك، للناظرين وقد استحال جزء من المسمار إلى معدن الذهب، كما كان آخرون يعمدون إلى قطعة من العملة المصنوعة من الفضة البيضاء والذهب ويغمسونها في حامض النيتري فتتحلل الفضة ويبقى الذهب منفصلاً على حدة إلى غير ذلك من الحيل الكثيرة التي حفلت بها مؤلفات تلك الفترة.

وفي القرن السادس عشر ظهرت مدرسة شهيرة اسمها «باراسليمبوس» الذي اعتقد في حجر الفلاسفة وأكسیر الحياة وحاول تطبيق الكيمياء على الطب. ولم يفقه المشتغلون بالكيمياء، إذ ذاك حقيقة ما ألفز به جابر ابن حيان وغيره

من المسلمين فحملوا عباراتهم على ظاهرها وظنوا في «الإكسير» أموراً لم يذهب إليها أحد من المسلمين كالاتقاد بأنه مطهر يحو الآثام ويغفر الخطايا ويضمن لحامله توبة مقبولة ونعيماً مقيماً، فهو مناط السعادة الدنيوية والأخروية. وأوشكت هذه الأمور أن تطمس معالم الأثر العلمي الجليل الذي شيده العرب والذي ساعد على صفائه وخلوه مما سبقه أو لحقه من أمثال هذه الخرافات.

وحتى عصر متأخر ظل الاعتقاد بإمكان تحويل المعادن الخسيسة حتى بين أشهر العلماء. فقد قبل هذا الرأي، من الوجهة الأكاديمية على الأقل، «أندرياس ليبافيوس» Andreas Libavius (١٦١٦ م)، ف. دي لابوسلفيوس F. De la Boesylvius (١٦١٤ - ١٦٧٢ م) على الرغم من أن تلميذه «أوتوتاشينيوس» Ottotachenius قد رفضه رفضاً تاماً، كما رفضه أيضاً تلميذه «ج. ر. كلوبر» J. R. Claubert (١٦٠٣ - ١٦٦٨ م) و«روبرت بويل» Robert Boyle (١٦٢١ - ١٦٩١ م) و«إسحق نيوتن» Sir Isaac Newton ومعاصره «ليبتنز» Leibntiz (١٦٤٦ - ١٧٣٨ م).

والمتتبع لتاريخ الكيمياء في هذه الفترة يلاحظ مع جورج سارتون أنه: باستثناء نفر قليل من رجال العلم اللاتين فإنهم كانوا لا يزالون يهتمون في ضعف بمعالجة مثل هذه الأمور بطريقة مجردة دون أن يختبروا حقائقها في وضوح بالطريقة الممكنة الناجحة. فهذه الطريقة - طريقة التجربة والاستقراء - لم تكن قد أشرقت بينهم حتى ذلك الحين، أو طبعت بحوثهم العلمية.

ومن حسن حظ الكيمياء، أن ذلك لم يدم طويلاً فبقي ما يدفع العلم والناس وذهب الزبد جفاء، وتنبه العلماء لأمر الزيف والضلال هذه وحاربوها. وبذلت عناية فائقة لتحديد خصائص المواد الكيميائية وتأثيرها على بدن الإنسان. وأفادت الكيمياء حقيقة، حينما تولاهما نفر أوتوا من الثقافة العلمية الواسعة حظاً كبيراً، فوضعوا حداً لذلك الصراع العلمي من خلال ما ظهر من بحوث جريئة ابتداء من القرن السابع عشر حول أصل المادة وطبيعتها وقوانين الكيمياء وطرق البحث الكيميائي على أيدي روبرت بويل وبريستل ولافوازييه وغيرهم من الرواد المحدثين.



الباب الثاني

الكيمياء العامة

مفاهيم أساسية



## الفصل الأول

## ما هي الكيمياء

## مقدمة

السائل بسبب الرطوبة الموجودة في الهواء ويتحول إلى صدأ على شكل قشرة رقيقة خارجية. نقول عن التغير الذي طرأ على



إن كل الأشكال والأجسام المألوفة بالنسبة لنا والمحيط بنا، عبارة عن مواد كيميائية بدءاً من الورقة والقلم وانتهاءً بالسماء والنجوم. لكن إذا حاولنا أن نكون أكثر دقة في محاولتنا لتعريف علم الكيمياء لقلنا إن هذا العلم هو ذلك الذي يهتم بتغيرات المادة ويدرس تركيب وبنية المواد وعلاقة وخواص المواد بتركيبها وبنيتها الداخلية والشروط والطرق التي تتحول المادة من خلالها إلى مادة أخرى.

فالرصاص النحاسية التي تنطلق من فوهة مسدس وترتطم في نهاية مسارها بحجر صلب، تسخن إلى درجة الانصهار وتتحول إلى سائل، ثم يتأكسد المعدن

النحاس عندما انتقل من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة بأنه تغيرٌ فيزيائي، وعن التغير الذي طرأ على طبقته السطحية عندما تعرضت للهواء الرطب إنه تغير كيميائي. ومن هنا نكتشف مدى قوة ارتباط علم الكيمياء بالفيزياء إذ إن أي تغير كيميائي لا بد وأن يترافق بتغيرات في الصفات الفيزيائية للمادة.

## النظرية الذرية الجزيئية



هناك اتصال واضح بين المادة المفرقة في الصغر كالذرات والجزيئات وتلك المفرقة في الكبر كالنجوم والأجرام السماوية. تُظهر الصورة مركز المجرة الكونية التي تنبع لها مجموعتنا الشمسية

كما يدعى بالجزيئات *Molécules* والجزيء تعريفاً هو أصغر جزء من المادة يتمتع بالصفات الكيميائية لهذه المادة. كما تتألف الجزيئات نفسها من ذرات *atomes*. حيث الذرة هي أصغر جزء من العنصر الكيميائي يتمتع بصفات هذا العنصر الكيميائية. قد يدخل في تركيب الجزيء أعداد مختلفة من الذرات، فمثلاً جزيئات الغازات النادرة كالهيليوم *Helium* مثلاً وحيدة الذرة والهيدروجين والأكسجين *Oxygène* ثنائية الذرة

تعود مقولة أن المادة تتألف من جزيئات منفصلة مفرقة في الصغر أو ما يدعى بالفرضية الذرية، إلى عصور قديمة جداً أو بالأحرى إلى ديمقريطس *Democrite* اليوناني كما أسلفنا سابقاً. إلا أن النظرية الذرية الحديثة كما نعرفها اليوم لم تصبح في متناول اليد إلا بعد ذلك بقرون طويلة، أي في القرن الثامن والتاسع عشر عندما تحولت الكيمياء والفيزياء إلى علوم تقوم على أساس التجربة أولاً وأخيراً.

تقوم النظرية الذرية الجزيئية على أساس «البنية المنقطعة للمادة، أي أن المادة لا تتألف من كتل مُصمتة لا فراغ فيها بل من دقائق صغيرة متباعدة عن بعضها. وعلى أن الاختلاف بين المواد وصفاتها يكمن في الاختلاف بين هذه الدقائق الصغيرة. فدقائق المادة الواحدة متماثلة ودقائق المواد المختلفة مختلفة أيضاً. تتألف كل هذه الدقائق بالنسبة لمعظم المواد

أما البروتينات Proteines فتألف من مئات مختلفة بل بأشكال مختلفة أيضاً، لذا، ألوف الذرات. يستطيع عدد قليل نسبياً من العناصر أن وتتحّد الذرات مع بعضها ليس فقط بنسب يُشكل أعداداً كبيرة جداً من المواد.

### قانون انحفاظ الكتلة



آنتواين الذي  
قال «إنّ مصر  
البشرية بشكل  
عام هو ذلك  
الذي  
تستحقّه».

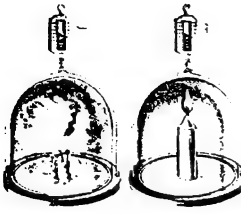
to the mass of the resulting ones  
La masse des matières subissant la réaction  
est égale à la masse des matières qui  
en résultent.

بعد هذا الحدث الهام في عالم الكيمياء استطاع لافوازييه Lavoisier الفرنسي في عام ١٧٨٩ أن يصل إلى نفس النتيجة وبشكل مستقل عن لومونوسوف Lomonossov وأضاف بأنه أثناء التفاعلات الكيميائية تكون الكتلة الكلية للمواد ثابتة وكتلة كل عنصر من العناصر الداخلة في تركيب المواد المتفاعلة ثابتة أيضاً. في عام ١٩٠٥ أثبت العالم الألماني البرت آنتواين

إن العالم مادي، وكل ما هو موجود فيه يتألف من مواد متحركة متغيرة ومتطورة من شكل لآخر. وما تبريد وتسخين الأجسام وإطلاق الضوء والتيار الكهربائي والتحويلات الكيميائية، إلى أشكال متنوعة لحركة المادة. قد يتحول أحد أشكال حركة المادة إلى شكل آخر كتحويل الحركة الميكانيكية مثلاً إلى حركة حرارية والحرارية إلى كيميائية، وأثناء ذلك كله يسيطر قانون واحد ثابت وهو أن لا شيء أبداً يخلق من عدم أو يتحول إلى عدم. من هنا وانطلاقاً من هذه الحقيقة استطاع العالم الروسي لومونوسوف Lomonossov في عام ١٧٥٦ من خلال مراقبة أوزان المواد الداخلة في التفاعل وتلك الناتجة عنه أن يكتشف قانون انحفاظ الكتلة القائل:

كتلة المواد الداخلة في التفاعل تساوي كتلة المواد الناتجة عنه.

The mass of the reacting materials is equal



لا تخلق المادة من عدم، ولا تفسى في عالم الكيمياء. يمكن التأكد من قانون ثبات الكتلة هذا باختبار معروف تحترق فيه شمعة ضمن ناقوس زجاجي أخذ وزنه سابقاً (أ) في نهاية الاختبار، يكون ثقل الجرس ومحتوياته (ب) مساوياً لثقله عند بدء التجربة. رغم أن جزءاً من الشمعة قد اختفى.

Albert Einstein أن هناك علاقة بين كتلة الجسم  $m$  وطاقته  $E$ . هذه العلاقة الحلم التي كثيراً ما ساورت أذهان الباحثين في كل مكان والتي تكشف سر السؤال التالي: إذا كانت المادة تتحول إلى طاقة من خلال الاحتراق مثلاً، فلِمَ لا تتحول الطاقة إلى مادة؟ وقد جَسَّد ذلك من خلال المعادلة

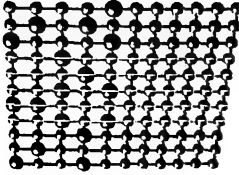
$$E = mc^2$$

التالية: حيث  $C$  سرعة الضوء في الفراغ وهي تساوي حوالي ٣٠٠٠٠٠ كم/ثانية. وتعتبر هذه المعادلة صحيحة بالنسبة للأجسام الكبيرة Macro والصغيرة Micro على حدٍ سواء.

## المادة البسيطة والعنصر الكيميائي

البريق المعدني وقابلية الطرق والصفات المغناطيسية إلخ...

تتمتع كل المواد بعددٍ من الصفات الفيزيائية والكيميائية الخاصة بها. وإذا دخلت أية مادة بسيطة في تفاعل كيميائي ما وتحولت إلى مادة أخرى، تعرضت قطعاً لتبديلات جوهرية في صفاتها هذه.



فالحديد مثلاً إذا اتحد مع الكبريت يفقد تمثل الدوائر البنفسجية ذرات الجرمانيوم، في حين تمثل البنية منها ذرات السيليكون. إن ذرات السيليكون المتجمعة في أسفل هذه البلورة تُشكل في مجموعها المادة البسيطة. أما ذرات الجرمانيوم والسيليكون الموجودة في أعلى البلورة فتُشكل ما يعرف باسم العنصر المركب.

وانطلاقاً من هنا نقول إنه في كبريت الحديد، ليس هناك حديد بصفاته المعروفة لدينا، كمادة بسيطة لكن هناك عنصر الحديد أي تلك المادة التي يتركب منها معدن الحديد. فالعنصر الكيميائي تعريفاً هو نمط من الذرات يختلف عن غيره بمجموعة محددة من الصفات.

عند اتحاد ذرات العنصر الواحد مع بعضها البعض تشكل لدينا المواد البسيطة، أما عند اتحاد ذرات العناصر المختلفة مع بعضها البعض فنحصل على المواد المركبة أو ربما على مزيج من المواد البسيطة.

### ظاهرة التآصل Allotropy

عدة أشكال متآصلة للمادة الواحدة *Formes allotropiques* تبعاً للشروط المحيطة، إما بسبب تشكل الجزيئات من أعداد مختلفة من الذرات أو من خلال الاختلاف في البنية البلورية فيما بين هذه الأشكال.



هناك في الطبيعة حوالي ١٠٠ عنصر تتواجد بنسب مختلفة جداً يقع في قمتها من حيث الوفرة الأكسجين والسيليوم. وتكون نسبة أقل من ١٠ عناصر فقط حوالي ٩٨٪ من كمية المجموع ككل.

لإنعام فهم ما ورد أعلاه لا بد من ذكر ظاهرة التآصل Allotropy وهي عبارة عن تواجد العنصر الكيميائي الواحد على شكل عدة مواد بسيطة. ولناخذ مثلاً على ذلك الفوسفور، تلك المادة البيضاء السامة جداً نصف الشفافة، تنصهر في درجة ٤٤،٢ درجة مئوية المشعة في الظلام، وربما تشتعل تلقائياً دون أي تدخل خارجي. إذا سخنا الفوسفور بمعزل عن الهواء المحيط تتغير كل صفاته المذكورة سابقاً على الرغم من عدم حصول أي تغير كيميائي أساسي، حيث نراه يتحول إلى اللون الأحمر البنفسجي ويتوقف عن اللمعان في الظلام ويصبح غير سام وغير قابل للاشتعال في الهواء. تُفسّر ظاهرة التآصل هذه، أي ظاهرة وجود

## هل هناك نسب محددة تتحد من خلالها العناصر الكيميائية مع بعضها؟



تتحد ذرات  
الهيدروجين مع  
الأكسجين لاعطاء الماء  
وفقاً لنسب كتلية ثابتة  
ومعددة بدقة متناهية.

شوارد  $H^+$   
شوارد  $OH^-$   
الماء النقي

لقد أدى تطور طرائق التحليل الكمية وجعلها أكثر دقة في نهاية القرن الثامن عشر وبداية القرن التاسع عشر إلى توضيح عدة مفاهيم كانت ما تزال غامضة قبل ذلك كمفهوم اتحاد العناصر الكيميائية مع بعضها البعض. فقد تبين أنه عندما تتحد العناصر الكيميائية لتشكل المواد المركبة والمعقدة، إنما يتم ذلك وفقاً لنسب كتلية ثابتة ومحددة بغض النظر عن الطريقة المتبعة للحصول على هذه المواد.

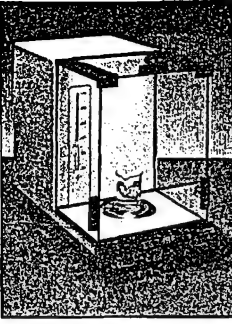
وإذا نتج عن اتحاد عنصرين كيميائيين عدة مواد كيميائية، فإن نسبة كتلة أحد هذين العنصرين إلى نفس الكتلة من الآخر تمثل دائماً بأرقام صحيحة صغيرة.

لتوضيح ذلك رقمياً نأخذ مثال اتحاد الكربون مع الأكسجين. حيث يتحد هذان العنصران ويعطيان مادتين أو مركبين هما أول أكسيد الكربون الذي يحتوي ٤٢٪ من

كتلته كربون و ٥٧،١٢٪ من كتلته أكسجين. وثاني أكسيد الكربون الذي يحتوي ٢٧،٢٩٪ من كتلته كربون و ٧٢،٧١٪ من كتلته أكسجين. بقسمة قيمة النسبة المئوية لكل من الأكسجين والكربون في المركبين سالف الذكر نحصل على الرقم ١،٣٣ والرقم ٢،٦٦ حاصل ضرب ١،٣٣ باثنين. مما يؤكد القاعدة المذكورة أعلاه.

| عدد وحدات كتلة<br>الأكسجين المرتبطة مع<br>واحدة كتلة من الكربون | المحتوى % (كتلة) |        | المركب             |
|---|------------------|--------|--------------------|
|   | كربون            | أكسجين |                    |
| ١،٣٣  | ٤٢،٨٨            | ٥٧،١٢  | أول أكسيد الكربون  |
| ٢،٦٦  | ٢٧،٢٩            | ٧٢،٧١  | ثاني أكسيد الكربون |





باستخدام الموازين الحساسة الحديثة أصبح بالإمكان قياس الأوزان بدقة تصل حتى خمسة أو ستة أرقام بعد الفاصلة.

للبيزموث Bismuth والتاليوم Thallium إذ يتفاعل مع واحدة كتلة التاليوم إما ١,٢٤ أو ١,٨٢ واحدة كتلة من البيزموث.

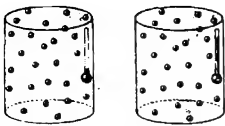
لقد بينت معطيات العلم الحديث أن هذه المفاهيم صحيحة عموماً وتنطبق على الغالبية العظمى من المركبات المعروفة، إلا أنها لا تُفسر كل الظواهر والمكتشفات ولا تنطبق على كل المركبات إذ تبين عند اكتشاف النظائر (انظر ص ٩٥) أن النسبة بين كتلة العناصر الداخلة في بنية مادة معينة ثابتة فقط في حال ثبات تركيبة نظائر هذه العناصر وأنه إذا تغير نظير العنصر تتغير البنية الكتلية للمادة.

فمثلاً الماء الثقيل يحتوي ٢٠٪ من كتلته هيدروجين، بينما الماء العادي يحتوي ١١٪ فقط. كما أن هناك مركبات ذات تركيب متبدل، حيث يتفاعل عدد من كتلة العنصر الأول مع واحدة الكتلة التابعة للعنصر الآخر. كما هو الحال بالنسبة

### قانون النسب الحجمية وقانون أفوكادرو AVOGADRO

الحجمية البسيطة أو قانون غي - لوساك الذي ينص على أن: «حجوم الغازات الداخلة في التفاعل تتناسب مع بعضها ومع الغازات المشكلة جراء هذا التفاعل، على شكل أرقام صغيرة وصحيحة».

يعود الفضل في إجراء أول البحوث الكمية على التفاعلات الغازية إلى العالم الفرنسي غي - لوساك Gay-Lussac الذي استطاع من خلال قياس حجوم الغازات الداخلة في التفاعل والخارجة منه أن يطلق قانونه الشهير المعروف باسم قانون العلاقات



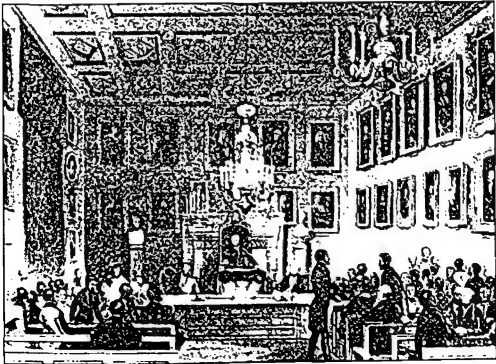
إذا اختلفت درجة الحرارة (أو الضغط)، تتغير حركة الجزيئات ويختلف عددها في حجم محدد من الفراغ.

كما قام العالم الإيطالي AVOGADRO في عام ١٨١١ بشرح العلاقات البسيطة القائمة بين الحجم الغازية والملاحظة أثناء التفاعلات

The reacting gases volumes are proportional to each other and to the formed from this reaction in the form of small and absolute numbers.

Les volumes des gaz subissant la réaction sont proportionnels à eux-mêmes, ainsi qu'aux gaz résultant de cette réaction en forme de nombres petits et entiers.

فعند تفاعل حجمين من الهيدروجين مع حجم واحد من الأكسجين يتشكل لدينا حجمان من بخار الماء، أي أن النسبة هي ١:٢. طبعاً على أن يتم ذلك في الشروط المحيطة نفسها أي تحت نفس درجة الحرارة والضغط.



كانت (جمعية لندن الملكية) Royal Society of London لتطوير المعارف الطبيعية، التي أسست عام ١٦٦٠، واحدة من أقدم الجمعيات التي أحدثت لتحسين الاتصالات العلمية. وكانت هذه الجمعيات تقوم بتقويم الاختراعات وتعمل على نشرها.

يُدخل إلى علم الكيمياء مفهوم الجزيء بوصفه أصغر جزء من المادة وفي نفس الوقت أن يحافظ على مفهوم الذرة. كما سمح باستنتاج عدد الذرات في جزيئات الغازات وعلى أساسه اكتُشف عدد الذرات في جزيئات بعض الغازات كالهيدروجين والكلور والأكسجين وتبين أنها تتألف من ذرتين اثنتين. وقد لعب هذا القانون دوراً كبيراً في تحديد الكتلة الذرية للعناصر والكتل الجزيئية للمواد المعقدة.

الكيميائية من خلال قانونه الذي يقول: في الحجوم المتساوية من الغازات المختلفة وتحت نفس الشروط من الحرارة والضغط، هناك نفس العدد من الجزيئات.  
The equal volumes of different gases, under the same conditions of heat and pressure, have the same number of molecules.  
Dans les volumes égaux des différents gaz, et sous les mêmes conditions de température et de pression, ainsi qu'il y a le même nombre de molécules.  
استطاع أفوكادرو (AVOGADRO 1776 - 1856) من خلال هذا القانون أن

### الكتلة الذرية والجزيئية

وللأكسجين تساوي (15,9994). في عام 1961 ولأسباب علمية تهدف إلى تسهيل الحسابات وتوحيدها عالمياً، خُلفص الباحثون إلى تعريف وحدة الكتلة الذرية على أنها  $1/12$  من الكتلة الذرية لنظير الكربون  $C^{12}$ . واعتبر أن الكتلة الجزيئية لأية مادة لا على التعيين عبارة عن مجموع الكتل الذرية للعناصر المكونة للجزيء، فكتلة  $H_2$  مثلاً تساوي إلى 2,0158 ( $2 \times 1,0079$ ) وكتلة  $O_2$  تساوي إلى 31,9988 ( $2 \times 15,9994$ ).

اعتمد العلماء في أول الأمر أثناء حسابهم لكتل العناصر الذرية على كتلة ذرة الهيدروجين واعتبروها وحدة القياس لكونها أكثر العناصر خفة (تساوي الواحد) وقاسوا الكتلة الذرية لكل العناصر نسبة إليها. إلا أنه نظراً لأن الكتلة الذرية لمعظم العناصر تُقاس انطلاقاً من مركبات هذه العناصر مع الأكسجين، فقد كانت الكتلة الذرية تُحسب عملياً نسبة إلى كتلة الأكسجين الذرية التي اعتبر أنها تساوي 16 (للدقة نقول إن الكتلة الذرية للهيدروجين تساوي 1,0079).

## المول

تبين أنه يساوي إلى:  $6.02 \times 10^{23}$  تدعى كتلة مول واحد من المادة بالكتلة المولية وهي تقدر بالغرام/مول وتتناسب طردياً مع الكتلة الذرية للعنصر. وهكذا فإن الكتلة المولية للهيدروجين الذري تساوي  $1.0079$  غ/مول وللهدروجين الجزيئي  $2.0158$  غ/مول وهكذا دواليك. ولا بد من الإشارة إلى أن مولاً واحداً من أي غاز لا على التعيين تحت الشروط الطبيعية ( $760$  ملم زئبق وحرارة  $0^\circ$  مئوية) يشغل حجماً محدداً ثابتاً يساوي  $22.4$  لتر وإلى أن هذا الحجم يُدعى بالحجم المولي للغاز الموجود في الشروط الطبيعية.

المول تعريفاً هو كمية المادة التي تحتوي على عدد من المقومات البنوية الأولية (جزيئات أو شوارد أو ذرات أو إلكترونات) مساوٍ لعدد هذه المقومات الموجودة في  $12$  غراماً من نظير الكربون  $^{12}\text{C}$ . وعند استعمال مفهوم المول لا بد من الإشارة إلى نوع المركب الذي نعيه. إذ إن مول واحد من  $\text{H}$  الذري يختلف عن مول واحد من جزيء  $\text{H}_2$  مثلاً.

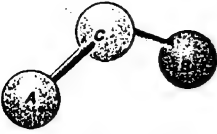
وقد أصبح بالإمكان في الوقت الراهن تحديد عدد المقومات البنوية الموجودة في مول واحد من المادة (عدد أفوكادرو) حيث



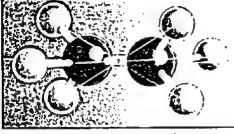
الكتل المولية لهذه الجزيئات تساوي إلى مجموع الكتلة الذرية لذراتها مقدرة بالغرام (غ/مول).

## التكافؤ Equivalence

نرى ما المعنى بكلمة تكافؤ؟ ويعبر عنه بعدة أشكال. لكن أبسط تعريف إن هذا المصطلح الهام للغاية بالنسبة لكل من يعمل في مجال الكيمياء معقد بعض الشيء. تكافؤ العنصر عبارة عن مقدرة ذراته على



ان تكافؤ الذرة A هو ١ وكذلك B. بينما تكافؤ الذرة C فهو ٢.



الايثان غاز لكل من جزيئاته ذرتا كربون (الكربون الزرقاوان) وست ذرات هيدروجين (الكرات الخضراء). ومنه نجد أن تكافؤ الكربون يساوي الى أربعة.

مكافئ الكلور والكبريت والكربون هي على التسلسل ١ مول و ١/٢ مول و ١/٤ مول. ويكون المكافئ الكتلي مساوياً لكتلة هذا المكافئ، أي أن المكافئ الكتلي للكلور والكبريت والكربون يساوي تباعاً ٣٥,٤٥ غ/مول و ٣٢,٩ ÷ ٢ = ١٦ غ/مول و ١٢ ÷ ٤ = ٣ غ/مول.

الاتحاد مع الذرات الأخرى وفقاً لنسب محددة، أو أنه عدد الروابط الكيميائية التي تشكلها ذرة هذا العنصر. لقد اعتبرت واحدة التكافؤ في بادئ الأمر، تكافؤ ذرة الهيدروجين. لذا فإن تكافؤ أي عنصر آخر عبارة عن عدد ذرات الهيدروجين التي يضمها إليه هذا العنصر أو تحمل محل ذرة واحدة منه.

وإذا عبرنا عن التكافؤ بهذا الشكل يصبح اسمه التكافؤ الهيدروجيني أو تكافؤ المركبات الهيدروجينية. وهكذا نجد أن تكافؤ الكلور والكبريت والأكسجين في المركبات  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{HCl}$  هي على التسلسل ١، ٢، ٤. إلا أنه لا يجب أن نخلط بين مفهوم التكافؤ Equivalence ومفهوم المكافئ Equivalent فالتكافؤ هو ما أسلفنا ذكره سابقاً.

أما مكافئ العنصر فهو كمية هذا العنصر التي ترتبط مع مول واحد من ذرات الهيدروجين أو تحمل محل نفس هذه الكمية من ذرات الهيدروجين في التفاعلات الكيميائية، وهكذا وإذا أخذنا نفس المثال السابق أي  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{HCl}$  لوجدنا أن

### الرموز الكيميائية

السويدي برزيليوس Berzelius في عام ١٨١٣، الذي اقترح أن يُرمز للعناصر

لقد حصلت العناصر الكيميائية على الرموز التي تشتهر بها في أيامنا هذه على يد العالم

## الكيمياء العامة

بالحروف الأولى من أسمائها اللاتينية. كأن يكون رمز الأكسجين (Oxygenium) O، والكبريت (Sulfur) S، والهيدروجين (Hydrogenium) H. أما إذا تشابهت أسماء عدة عناصر مع بعضها البعض، فيضاف إلى الرمز الحرف الذي يلي الحرف الأول في الاسم اللاتيني. وهكذا في حالة الكربون (Carbonium) والكالسيوم (Calcium) والنحاس (Cuprum) يرمز للكربون C وللكالسيوم Ca والنحاس Cu وهكذا دواليك.

ولا تعني الرموز مجرد اختصارات لأسماء العناصر بل تتجاوز ذلك كونها تدل على كمياتها (كتلتها) أي أن كل رمز يعني إما ذرة واحدة من العنصر أو مول واحد من ذراته أو كتلة معينة من العنصر تساوي الكتلة المولية لهذا العنصر.

فمثلاً الرمز C يعني ذرة واحدة من الكربون أو مول واحد من ذراته أو ١٢ واحدة كتلوية ذرية (عادة ١٢ غرام) من الكربون.

وكما هو الحال بالنسبة لرموز العناصر، فإن صيغ المواد تدل أيضاً ليس فقط على بنية أو تركيب المواد بل تدل على كميتها وكتلتها.

فالصيغة H<sub>2</sub>O تدل على جزيء ماء واحد أو مول ماء واحد أو ١٨ واحدة كتلوية من الماء (عادة يقال ١٨ غرام).

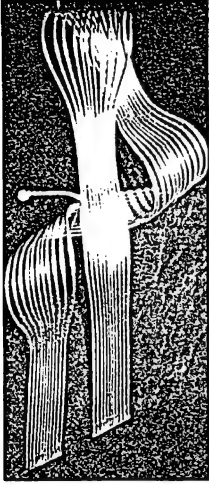
|                          |                          |                          |                         |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Be<br>٩<br>٩.٠١٢ (١.٠٢)  | B<br>٥<br>١٠.٨١ (١.٠٨)   | C<br>٦<br>١٢.٠١ (١.٠١)   | N<br>٧<br>١٤.٠١ (١.٠١)  | O<br>٨<br>١٦.٠٠ (١.٠٠)   |
| Mg<br>١٢<br>٢٤.٣١ (١.٠١) | Al<br>١٣<br>٢٦.٩٨ (١.٠١) | Si<br>١٤<br>٢٨.٠٩ (١.٠١) | P<br>١٥<br>٣٠.٩٧ (١.٠١) | S<br>١٦<br>٣٢.٠٦ (١.٠١)  |
| Ca<br>٢٠<br>٤٠.٠٨ (١.٠١) | Sc<br>٢١<br>٤٤.٩٦ (١.٠١) | Ti<br>٢٢<br>٤٧.٨٨ (١.٠١) | V<br>٢٣<br>٥٠.٩٤ (١.٠١) | Cr<br>٢٤<br>٥٢.٠١ (١.٠١) |

بعض العناصر الكيميائية ورموزها المتعامل بها

### تصنيف المواد الكيميائية اللاعضوية

تقسم المواد بشكل عام إلى مواد بسيطة في تركيبها عنصران أو أكثر. وأخرى معقدة مركبة. وتتألف البسيطة منها من ذرات عنصر واحد أما المعقدة فيدخل

تقسم المواد البسيطة إلى معادن ولا معادن (أ) المواد البسيطة



تبعاً للخواص والاختلافات الفيزيائية  
الموجودة في بنية هذه المواد.

Les métaux - المعادن

تتصف المعادن بالبريق المعدني وقابلية  
الطرق والسحب. حيث بالإمكان طرقها  
لتأخذ شكل صفائح رقيقة أو سحبها لتأخذ  
شكل أسلاك دقيقة. وهي تتمتع بناقلية  
جيدة للحرارة والكهرباء.



قابلية الطرق والسحب التي تتمتع بها المعادن تجعل من الممكن تشكيلها وفقاً لأي شكل حمائي برتابه المرء مناسباً.

les non-métaux - اللامعادن

التي يدخل فيها الكربون كمادة رئيسية  
ويشكل عنصراً هاماً في تركيبها. وهي توجد  
في كل الكائنات الحية والمواد الناتجة عنها.  
أما المركبات اللاعضوية فهي كل المركبات المتبقية  
بعد استثناء العضوية منها. ويصل عددها إلى  
حوالي ٣٠٠ ألف مركب معروف حتى الآن.

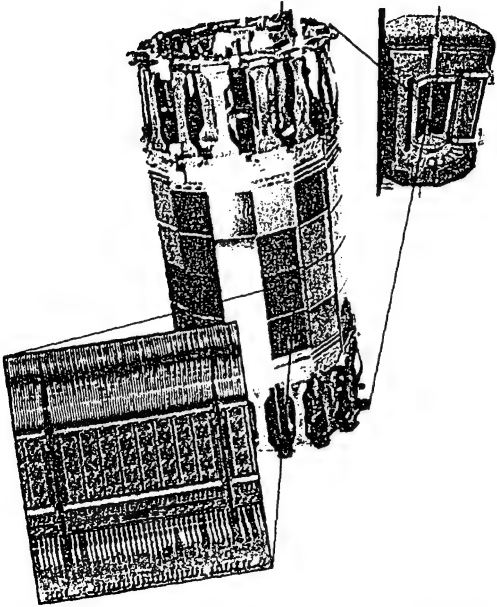
عبارة عن مواد عديمة البريق المعدني، هشة.  
سينة في نقل الكهرباء والحرارة. بعضها يوجد  
في درجة حرارة الغرفة على شكل غاز.

(ب) المواد المعقدة

أما بالنسبة للمواد المعقدة أو المركبة فهي  
تُقسم إلى مركبات عضوية ولا عضوية.  
والمقصود بالمركبات العضوية، تلك المركبات

من بين المركبات اللاعضوية الأكثر أهمية نجد:  
١ - الأكاسيد les oxides: عبارة عن اتحاد

العناصر مع الأكسجين. ولكل منها صفات الماء الأحماض وبعضها الآخر يُعطي القلويات كيميائية خاصة به. فبعضها يعطي بتفاعله مع وبعضها يعطي هذا وذلك، بينما بعضها الآخر



عُرف السيليكون (السيليوم) - أكبر ثورة الالكترونيات والامعدن الأكثر أهمية لها منذ زمن طويل كمادة ذات قابلية تكيف غير عادية. يظهر الشكل مكشافاً سيليكونياً ميكروبياً يستخدم للتحديق في المكون الداخلي للمادة.





يؤدي تفاعل  
الحمض مع  
القلوي الى  
تشكيل ملح  
الطعام والماء وفقاً  
للمعادلة التالية:  
 $\text{NaOH} + \text{HCl}$   
 $=$   
 $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$

الهيدروجين في الحمض هو نفسه عدد تكافؤ المعدن الداخل في تركيب الحمض. كمثال على الحموض نأخذ  $\text{HCl}$  حمض كلور الماء و  $\text{H}_2\text{SO}_4$  حمض الكبريت. ووفقاً للمصطلحات الحديثة تُعرّف الحموض على أنها المواد المانحة للبروتونات. من أهم صفات الحموض مقدرتها على تشكيل الأملاح عند تفاعلها على القلويات.

لا يعطي أية أحماض أو قلويات.  
٢ - القلويات: les bases: تتألف هذه المركبات من ارتباط المعادن مع زمرة الهيدروكسيل  $\text{OH}$  أحادية التكافؤ التي يعادل عددها في القلويات تكافؤ المعدن. وكمثال عليها نأخذ المركب الأكثر شهرة المدعو بالصود الكاوي  $\text{NaOH}$ . وتقسم القلويات إلى قلويات قوية (ذوابة في الماء) مثل  $\text{NaOH}$  و  $\text{KOH}$  وقلويات ضعيفة (غير ذوابة أو ضعيفة الذوبان في الماء) مثل  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  و  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ . ووفقاً للمصطلحات الحديثة تُعرّف القلويات على أنها المواد المستقبلة للبروتونات.  
٣ - الحموض: les acides: تتركب هذه المواد من الهيدروجين القادر على أن يُستبدل بالمعادن أو بثمالة (بقية) الحمض. واستناداً إلى تعريف التكافؤ الوارد أعلاه، من البديهي أن نقول: إن عدد ذرات

### الحسابات الكيميائية

التفاعلات الجارية بين المواد من خلال هذه المعادلات. حيث تعطي الصيغة الكيميائية الكثير من المعلومات عن المادة. فهي وقبل كل شيء تدل على العناصر الداخلة في تركيبها وكم عدد الذرات التابعة لكل عنصر

لقد كانت الحسابات الكيميائية من أهم نتائج النظرية الذرية - الجزيئية. حيث قامت هذه الحسابات على الأساس النظري القائل بإمكانية التعبير عن تركيب المواد من خلال الصيغ والمعادلات الكيميائية. وعن

من هذه العناصر. كما أنها تسمح بحساب عدد من القيم المميزة لهذه المادة كالكتلة الجزيئية والمكافئ والنسبة المئوية لتركيب المواد المعقدة وحجم الغازات في الشروط النظامية. وبالإمكان من خلال المعادلات معرفة الكتلة الجزيئية للمواد الداخلة في التفاعل والعلاقات الكمية الموجودة بين المواد الداخلة في التفاعل والخارجة منه.

فمثلاً من خلال المعادلة البسيطة التالية يتبين أن مولين من الصود الكاوي  $\text{Na OH}$  يتفاعلان مع مول واحد من حمض الكبريت مما يؤدي لتشكل مول واحد من ملح كبريت الصوديوم ومولين ماء.

$$\text{Na OH} + \text{H}_2 \text{SO}_4 = \text{Na}_2 \text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$$

يوضح الجدول التالي صيغة بعض الحموض والأملاح الطبيعية الموافقة لها.

| اسم الملح الطبيعي الموافق | الحموض                    |                 |
|---------------------------|---------------------------|-----------------|
|                           | الصيغة                    | الاسم           |
| النترات                   | $\text{HNO}_3$            | حمض الآزوت      |
| النيتريت                  | $\text{HNO}_2$            | حمض الآزوتي     |
| البروميدات                | $\text{HBr}$              | بروم الهيدروجين |
| السليكات                  | $\text{H}_2 \text{SiO}_3$ | حمض السيليكون   |
| برمنغنات                  | $\text{HMnO}_4$           | حمض المنغنيز    |
| السولفات                  | $\text{H}_2 \text{SO}_4$  | حمض الكبريت     |
| السولفيت                  | $\text{H}_2 \text{SO}_3$  | حمض الكبريتي    |
| الكربونات                 | $\text{H}_2 \text{CO}_3$  | حمض الكربون     |
| الكلوريدات                | $\text{HCl}$              | حمض كلور الماء  |
| السيانيدات                | $\text{HCN}$              | سيان الهيدروجين |

### قانون مندليف Mendeleïev الدوري

قام مندليف Mendeleïev في عام ١٨٦٩ بترتيب العناصر ضمن مجموعات على أساس تشابه صفاتها الكيميائية. أما هو فقد كان وعلى خلاف من سبقه مؤمناً بأن هناك ثمة علاقة معينة بين كل العناصر الكيميائية، بما عجز عنه الكثير من الباحثين قبله، فقد اقتصرته محاولات من سبقه على أهداف تصنيفية بحتة ولم يذهبوا إلى أبعد من

The characteristics of simple substances and also the forms and characteristics of compounds, are found with a periodical relation according to their atomic masses.

Les caractéristiques des corps simples, ainsi que les formes et les caractéristiques des composants des éléments, se trouvent en une relation périodique en accord avec leurs masses atomiques.

٤ - كتلة المواد الداخلة في التفاعل تساوي كتلة المواد الناتجة عنه.

ولكي نعرف على هذه العلاقة الهامة للغاية سندرس بشيء بسيط من التفصيل أول ٢٠ عنصراً من حيث ازدياد الكتلة الذرية. وسنكتب تحت رمز كل عنصر الكتلة الذرية وصيغة الأكسيد التابع له والموافق لتكافؤه الأكبر.

ترتبط بينها في كل واحد متكامل. وقد توصل إلى أن أساس هذا التصنيف الكبير لا بد وأن يكون الكتلة الذرية النسبية. وفي واقع الأمر، عندما قام مندلييف Mendeleïev بوضع كل العناصر وفقاً لتعاطم كتلتها الذرية، اكتشف أن العناصر ذات الصفات الكيميائية والفيزيائية المشابهة تتواجد وتتكرر عبر دورات محددة. وقد عبّر عن ذلك بقانونه الذي شكل أساس تقدم علم الكيمياء لعشرات العقود بعد ذلك التاريخ. حيث يقول:

- إن صفات الأجسام البسيطة وكذلك أشكال وصفات مركبات العناصر توجد بعلاقة دورية تبعاً لكتلتها الذرية.

|                    |                 |                   |                   |                    |                       |                   |
|--------------------|-----------------|-------------------|-------------------|--------------------|-----------------------|-------------------|
| ١                  | ٤               | ٦.٩               | ٩                 | ١٠.٨               | ١٢                    | ١٤                |
| هيدروجين<br>$H_2O$ | هليوم<br>-      | ليثيوم<br>$Li_2O$ | بيريليوم<br>$BeO$ | بور<br>$B_2O_3$    | كربون<br>$CO_2$       | آزوت<br>$N_2O_5$  |
| ١٦                 | ١٩              | ٢٠.٢              | ٢٣                | ٢٤.٣               | ٢٧                    | ٢٨.١              |
| أوكسجين<br>-       | فلور<br>$F_2O$  | نيون<br>-         | صوديوم<br>$Na_2O$ | مغنيزيوم<br>$MgO$  | ألومنيوم<br>$Al_2O_3$ | سيليوم<br>$SiO_2$ |
| ٣١                 | ٣٢.١            | ٣٥.٥              | ٣٩.٩              | ٣٩.١               | ٤٠.١                  |                   |
| فوسفور<br>$P_2O_5$ | كبريت<br>$SO_3$ | كلور<br>$Cl_2O_7$ | آرغون<br>-        | بوتاسيوم<br>$K_2O$ | كالسيوم<br>$CaO$      |                   |

|            |    |          |    |
|------------|----|----------|----|
| Hydrogen   | 1  | Helium   | 2  |
| Lithium    | 3  | Boron    | 5  |
| Beryllium  | 4  | Carbon   | 6  |
| Neon       | 10 | Nitrogen | 7  |
| Sodium     | 11 | Oxygen   | 8  |
| Magnesium  | 12 | Fluorine | 9  |
| Aluminum   | 13 | Neon     | 10 |
| Silicon    | 14 | Sulfur   | 16 |
| Phosphorus | 15 | Chlorine | 17 |
| Argon      | 18 | Argon    | 18 |
| Potassium  | 19 | Mercury  | 80 |

اعتبر الباحث الإنكليزي جون دالتون John Dalton (1766 - 1844) أن للذرات أنشغالاً مختلفة. وأن ثقل ذرة معينة هو ثابت. وبحلول عام 1808 كان قد وضع هذه اللائحة في محاولة منه لتصنيف ذرات العناصر المختلفة.

الخصوصية في الصفات التي تتمتع بها ذرة الفلور).

إذا استمر تغير الصفات بنفس الاتجاه، كان لا بد من أن يأتي بعد الفلور عنصر ذو خصائص لا معدنية قوية جداً، لكن الذي يحدث هو أن العنصر التالي للفلور هو غاز النيون الخامل الذي لا يرتبط مع غيره من العناصر ولا يظهر أية صفات معدنية أو لا معدنية.

بعد النيون يأتي الصوديوم، المعدن أحادي التكافؤ المشابه لليتيوم. وبدءاً منه تعود

إذا تجاوزنا الهيدروجين والهيليوم نجد أن الليتيوم معدن أحادي التكافؤ، يتحلل بشدة في الماء ويعطي مادة قلوية. بعد الليتيوم هناك البيريلىوم ثنائي التكافؤ الذي يتحلل بالماء ببطء في درجة الحرارة العادية. بعد البيريلىوم نجد البور وهو عنصر ثلاثي التكافؤ ذو صفات لا معدنية خفيفة ويتمتع في الوقت نفسه ببعض صفات المعادن. العنصر التالي هو الكربون، رباعي التكافؤ واللامعدن. بعد ذلك يتالى الآزوت، العنصر ذو الصفات اللامعدنية الواضحة والأكسجين اللامعدن النموذجي. وفي النهاية نصل إلى العنصر السابع أي إلى الفلور اللامعدن الأكثر فعالية في هذه المجموعة والمنتمي لزمرة الهالوجينات.

إذا الصفات المعدنية تكون واضحة جداً عند الليتيوم ثم تضعف تدريجياً عند الانتقال من عنصر لآخر مفسحة المجال للصفات اللامعدنية التي تكون قوية للغاية عند الفلور. وفي الوقت نفسه يزداد تكافؤ العنصر بالنسبة للأكسجين مع ازدياد الكتلة الذرية بدءاً من الليتيوم من خلال إضافة 1 لكل عنصر نال (الاستثناء الوحيد هو الفلور الذي يساوي تكافؤه تجاه الأكسجين واحد، الأمر الذي يُفسّر على ضوء

الصفات السابقة للظهور مرة أخرى بنفس

التسلسل السابق.

حيث بعد الصوديوم هناك المغنيزيوم المشابه

للبريليوم ثم الأنيوم الذي على الرغم

من كونه معدناً إلا أن له صفات الالامعدن

مثل البور ثلاثي التكافؤ.

كان دالسون

مصاباً بعمى

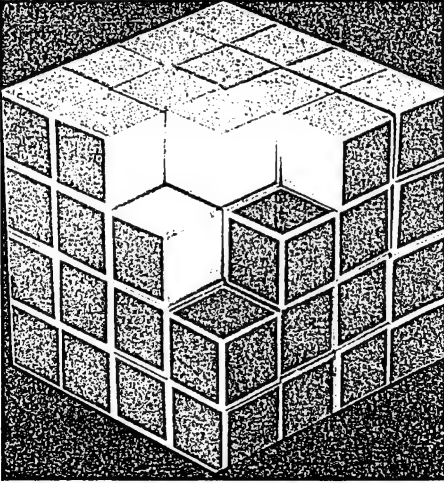
الأسوان وقد

دفعه ذلك إلى

القيام بأبحاث

عن هذا المرض

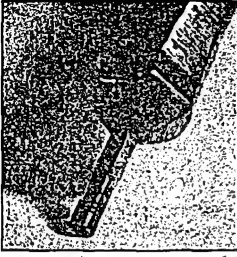
الذي يدعى أحياناً حتى الآن بمرض النوبة



استطاع مندليف Mendeleev حل اللغز الأكثر تعقيداً في علم الكيمياء. وتوصل إلى فكت

رموزه من خلال اكتشاف الرابطة الجامعة لكل العناصر مع بعضها البعض وقد قام العلماء

تكريماً له بتسمية العصر ١٠١ الذي اكتشف عام ١٩٠٠ باسم مندليفوم.



لم يكن مندليف Mendeleïev يعرف الجرمانيوم وهو معدن ينمى بهذا الشكل لصنع الترانزستور، عندما اقترح جدول له الدوري. إلا أنه تنبأ عام ١٨٧١ بوجوده وبخصائصه وأسماء «إيكا - سيلسيوم» وهو اسم اشتق من سيلسيوم وإيكا، وهي كلمة سنسكريتية تعني «واحد».

رئيسية وأخرى ثانوية. فإذا كتبنا العناصر المدرسة أعلاه بحيث يقع الصوديوم تحت الليثيوم والنيون تحت الأرغون نحصل على التوزيع التالي:

|    |    |    |    |   |   |    |    |
|----|----|----|----|---|---|----|----|
| Li | Be | B  | C  | N | O | F  | Ne |
| Na | Mg | AL | Si | P | S | CL | Ar |

كاملاً مؤلفاً من أدوار ومجموعات. واستطاع بذلك التنبؤ بوجود عناصر لم تكن مكتشفة في زمنه وترك لها أماكن بقيت شاغرة حتى اكتشفت هذه العناصر بعده بعشرات السنين.

وبعده، يأتي السيليسيوم الالمعدن رباعي التكافؤ الذي يشبه إلى حد بعيد الكربون. ثم الفوسفور خماسي التكافؤ المشابه للآزوت بصفاته الكيميائية ثم الكبريت، العنصر ذو الصفات الالمعدنية الواضحة. وبعد ذلك الكلور الالمعدن الفعال للغاية والمشابه للفلور. وأخيراً نصل إلى الغاز السادر من جديد، إنما هذه المرة اسمه الأرغون.

لقد أطلق مندليف Mendeleïev على صف العناصر الذي تتغير فيه الصفات الكيميائية، اسم اندور Périnkle، كذلك الصف الثاني الذي بدأ بالليثيوم وانتهى بالنيون. أو ذلك الذي بدأ بالصوديوم وانتهى بالأرغون. كما أطلق على الأعمدة الافتراضية التي تجمع العناصر المتشابهة فوق بعضها اسم المجموعات Groupes وقسم هذه المجموعات إلى مجموعات

وفقاً لهذا الترتيب تقع العناصر المتشابهة بالصفات وذات التكافؤ الواحد عمودياً فوق بعضها البعض. وتتغير الصفات الكيميائية أفقياً بشكل دوري متعاقب. انطلاقاً من هنا. وضع مندليف Mendeleïev جدولاً

| نظام العناصر الدوري |                 |     |                   |     |                 |     |                 |     |                 |     |                 |     |                |      |                  |
|---------------------|-----------------|-----|-------------------|-----|-----------------|-----|-----------------|-----|-----------------|-----|-----------------|-----|----------------|------|------------------|
| I                   |                 | II  |                   | III |                 | IV  |                 | V   |                 | VI  |                 | VII |                | VIII |                  |
| 1                   | H<br>الهيدروجين | 2   | He<br>هيليوم      | 3   | Li<br>ليثيوم    | 4   | Be<br>بريليوم   | 5   | B<br>بور        | 6   | C<br>كربون      | 7   | N<br>نيتروجين  | 8    | O<br>أكسجين      |
| 9                   | Li<br>ليثيوم    | 10  | Ne<br>نيترون      | 11  | Mg<br>مغنيسيوم  | 12  | Al<br>ألومنيوم  | 13  | Si<br>سيلينيوم  | 14  | P<br>فوسفور     | 15  | S<br>كبريت     | 16   | Cl<br>كلور       |
| 17                  | Na<br>صوديوم    | 18  | Ar<br>أرجون       | 19  | K<br>بوتاسيوم   | 20  | Ca<br>كالكيم    | 21  | Sc<br>سكندريوم  | 22  | Ti<br>تيتانيوم  | 23  | V<br>فاناديوم  | 24   | Cr<br>كروم       |
| 25                  | Mn<br>منغنيز    | 26  | Fe<br>حديد        | 27  | Co<br>كوبلت     | 28  | Ni<br>نكل       | 29  | Cu<br>نحاس      | 30  | Zn<br>زنك       | 31  | Ga<br>جاليوم   | 32   | Ge<br>جرمانيم    |
| 33                  | As<br>أرسين     | 34  | Se<br>سيلين       | 35  | Br<br>بروم      | 36  | Kr<br>كربون     | 37  | Rb<br>روبيديوم  | 38  | Sr<br>سترونشيوم | 39  | Y<br>يتربيوم   | 40   | Zr<br>زركونيوم   |
| 41                  | Nb<br>نيوبيوم   | 42  | Mo<br>موليبدنوم   | 43  | Tc<br>تكنيشيوم  | 44  | Ru<br>روثينيوم  | 45  | Rh<br>رايناديوم | 46  | Pd<br>بلاديوم   | 47  | Ag<br>فضة      | 48   | Cd<br>كاديوم     |
| 49                  | In<br>إنديوم    | 50  | Sn<br>قصدير       | 51  | Sb<br>ستيم      | 52  | Te<br>تلوريوم   | 53  | I<br>يود        | 54  | Xe<br>زينون     | 55  | Cs<br>سيزيوم   | 56   | Ba<br>باريوم     |
| 57                  | La<br>لانثانوم  | 58  | Ce<br>سيريوم      | 59  | Pr<br>بروميثيوم | 60  | Nd<br>نيوديميوم | 61  | Pm<br>بروميثيوم | 62  | Sm<br>سميثيوم   | 63  | Eu<br>يوروبيوم | 64   | Gd<br>جادولينيوم |
| 65                  | Tb<br>تيربيوم   | 66  | Dy<br>ديسبريوميوم | 67  | Ho<br>هولميوم   | 68  | Er<br>إربيوم    | 69  | Tm<br>تولميوم   | 70  | Yb<br>يوروبيوم  | 71  | Lu<br>لوثرشيوم | 72   | Hf<br>هافنيوم    |
| 73                  | Ta<br>تانغستوم  | 74  | W<br>ولفرام       | 75  | Re<br>ريناديوم  | 76  | Os<br>أوسميوم   | 77  | Pt<br>بلاتين    | 78  | Au<br>ذهب       | 79  | Hg<br>زئبق     | 80   | Tl<br>ثاليوم     |
| 81                  | Pb<br>الرصاص    | 82  | Bi<br>بزموت       | 83  | Po<br>بولونيوم  | 84  | At<br>أستاتين   | 85  | Rn<br>رادون     | 86  | Fr<br>فرانسيوم  | 87  | Ra<br>راديوم   | 88   | Ac<br>أكتينيوم   |
| 89                  | (Ku)            | 90  | (Ns)              | 91  | (Nb)            | 92  | (Pu)            | 93  | (Am)            | 94  | (Cm)            | 95  | (Bk)           | 96   | (Cf)             |
| 97                  | (Es)            | 98  | (Fm)              | 99  | (Md)            | 100 | (No)            | 101 | (Lr)            | 102 | (La)            | 103 | (Ce)           | 104  | (Pr)             |
| 105                 | (Db)            | 106 | (Sg)              | 107 | (Bh)            | 108 | (Hs)            | 109 | (Mt)            | 110 | (Ds)            | 111 | (Nh)           | 112  | (Fl)             |
| 113                 | (Nh)            | 114 | (Fl)              | 115 | (Mc)            | 116 | (Lv)            | 117 | (Ts)            | 118 | (Og)            | 119 | (Jl)           | 120  | (Uu)             |



تاتون بن ليدالوري

1869 /

Co

Ni

Pd

Rh

Ir

Pt

Os

Ru

Fe

Mn

Cr

V

Ti

Sc

Ca

Zn

Cu

K

Na

Li

H





# البنية الذرية

لفترة طويلة للغاية من الزمن سادت الأفكار التي مفادها أن الذرات هي نهاية المادة وأنها غير قابلة للانقسام ولا تحتوي عناصر أصغر منها. كما كان المعتقد أن الذرات ثابتة لا تتغير وبالتالي فإن ذرات العنصر الكيميائي وتحت أية ظروف مهما كانت لا تتحول إلى ذرات عنصر آخر. إلا أن القرن العشرين جلب معه العديد من



في الصورة مؤتمر سولفاي Solvay - بروكسل عام ١٩٢٧ الذي جمع علماء الذرة الأكثر شهرة في ذلك الزمن وكل «الأدمغة» التي شاركت في تطوير النظرية الكوانتية. وقد كان منهم هنري لورنتس Henri Lorentz رئيس المؤتمر - ٧٤ عاما (سنة واحدة قبل وفاته) وماري كوري Marie Curie - ٦٠ عاما. وماكس بلانك Max Plank ٦٩ عاما. وطعا ألبرت آينشتاين Albert Einstein الذي اكتشف وهو في عمر ٣١ عاما فقط كل ما قامت عليه شهرته اللاحقة.



ارنت  
رذرفورد - أحد  
أهم العلماء في  
مجال النشاط  
الإشعاعي -  
ولد في ٣٠ -  
آب - ١٨٧١  
في نيلسون -  
نيوزيلندا. عمل  
مدرساً للفيزياء

في جامعة مونتريال كندا ثم في جامعة مانشستر  
عام ١٩٠٧. واعتباراً من ١٩١٩ في جام  
كامبريدج ولندن. وضع النظرية النووية للذرة.  
١٩١٩ وحقق بعدها أول انقسام للذرة عندما  
تفجرت من ذرات الآزوت.

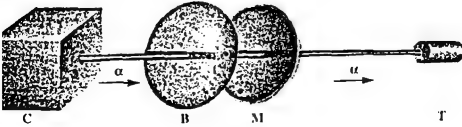
(١٨٦٧ - ١٩٣٤) باكتشاف النش  
الإشعاعي لدى الثوريوم والبولونيوم  
والراديوم.

وتبين أن هذه الإشعاعات غير متجانة  
فبعضها ينحرف تحت تأثير الحق

الحقائيق والوقائع الدالة على البنية عالية  
التعقيد الموجودة في الذرة وعلى إمكانية  
تبدل وتغير الذرات. ومن أهم هذه  
الوقائع، اكتشاف تومسون Joseph John Thomson (١٨٥٦ - ١٩٤٠) للإلكترون  
وتعريفه له بأنه دقيقة مادة أولية تتمتع  
بأصغر شحنة كهربائية سالبة في الطبيعة  
وأنه - أي الإلكترون - موجود في ذرات  
كل العناصر دون استثناء. كما ساهمت  
ظاهرة الفعالية الإشعاعية في سبر أغوار  
طبيعة المادة وفك رموز بنيتها. فقد اكتشف

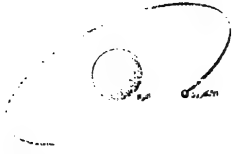
بيكريل الفيزيائي الفرنسي Henri Antoine Becquerel (١٨٥٢ - ١٩٠٨) أن اليورانيوم  
يُصدر إشعاعات تعبر المواد وتؤدي إلى  
تسرد الهواء واحتراق أفلام التصوير.

بعد ذلك بفترة وجيزة قامت ماري كوري  
سكلودوفسكايا Sklodovskaya MarieCurie



تجربة رذرفورد Rutherford

(c) - مكعب مصاصي وضع فيه منبع الأشعة  $\alpha$ ، (B) - حاجز تصويب الإشعاع  $\alpha$ ، (M) - الصفحة المعد  
المعرضة للأشعة  $\alpha$ ، (T) - المكشاف الإشعاعي الذي يشر إلى انحراف الأشعة لدى ارتطامها ب  
والكترونات الذرات في الصفحة المعدنية.



نموذج الذرة الذي كان مُعترفًا به في عام ١٩١٠. حيث تدور الإلكترونات حول النواة التي كان يُظن أنها بسيطة التركيب (الكترن واحد في حالة ذرة الهيدروجين).

matières simples et composées dont ils se constituent, se trouvent en relation périodique suivant la charge des noyaux des atomes de ces éléments.

على الرغم من نجاح نموذج رذرفورد Rutherford هذا في تفسير الكثير من الظواهر إلا أنه لم يُلَقِ الضوء اللازم على البنية الذرية بشكل كامل. إذ إنه لم يستطع مثلاً أن يُفسّر ثبات بنية الذرة. فالإلكترون السالب وفقاً لهذا النموذج - وهو يدور حول النواة الموجبة - لا بد وأن يُطلق جزء من طاقته على شكل موجات ضوئية مؤدياً بذلك إلى فقدان جزء من طاقته وبالتالي إلى اختلال التوازن بينه وبين النواة الأمر الذي يُفترض أن يؤدي في النهاية إلى سقوط الإلكترون على النواة.

المغناطيسي نحو القطب الموجب (الإشعاع بيتا -  $\beta$ ) وبعضها نحو القطب السالب (الإشعاع ألفا -  $\alpha$ ) وبعضها لا ينحرف أبداً (الإشعاع غاما -  $\gamma$ ).

انطلاقاً من هذا الواقع قام رذرفورد Ernest Rutherford (١٨٧١ — ١٩٣٧)

بتجربة الصفيحة المعدنية الشهيرة التي استنتج من خلالها أن الذرة في معظمها فارغة وأنها تتألف من نواة صغيرة جداً موجبة الشحنة تتركز فيها معظم كتلة الذرة والإلكترونات سالبة الشحنة تدور حولها. وبما أن الذرة متعادلة الشحنة الكهربائية، فقد استنتج رذرفورد Rutherford أن شحنة النواة الموجبة تعادل شحنة الإلكترونات السالبة مجتمعة.

ووفقاً لهذا النموذج يصبح بالإمكان صياغة قانون مندليف Mendeleiev الدوري على الشكل الحديث التالي:

- إن صفات العناصر والمواد البسيطة والمركبة التي تتركب منها توجد بعلاقة دورية تبعاً لشحنة نوى ذرات هذه العناصر.

- The characteristics of elements, and the simple and compound materials which they consist of, are found with a periodical relation according to the nucleus charge of these elements.  
- Les caractéristiques des éléments, et des

## نظرية بور Bohr في غلاف الذرة الالكتروني



العالم الفيزيائي الدانماركي نيلز بور Niels Bohr  
(١٨٥٥ - ١٩٦٢)

قام بور بتطوير نموذج رذرفورد الذري ودعمه مع كوانتوم ماكس بلانك Max Plank. حاز على جائزة نوبل في عام ١٩٢٢.

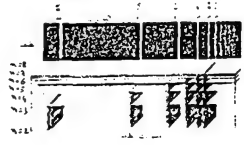
كهرمغناطيسية (ضوء) وهناك أربع سويات طاقة رئيسية للإلكترونات حول النواة هي المدار  $P$  و  $S$  و  $F$  و  $D$

(٣) يحدث الإشعاع عندما يقفز الإلكترون من مدارٍ طاقي إلى مدارٍ طاقي آخر. حيث يعطي الإلكترون كمية معينة من الطاقة على شكل إشعاع إذا انتقل من مدار ذي سوية طاقة عالية إلى مدار ذي سوية طاقة أدنى. ويمتص الإلكترون طاقة معينة إذا انتقل من مدار ذي سوية طاقة دنيا إلى مدار ذي سوية طاقة أعلى.

لقد ساعدت نظرية بور Bohr كثيراً في حل

انطلاقاً من النظرية الكوانتية التي وضعها ماكس بلانك Max Plank في عام ١٩٠٠ استطاع نيلز بور Niels Bohr أن يضع نظريته القائمة على ثلاث مسلمات رئيسية هي:  
(١) لا يدور الإلكترون حول النواة كما يحلو له بل وفقاً لمداراتٍ طاقة محددة. دعاهم بالمخططات أو المدارات les orbites.

(٢) عندما يتحرك الإلكترون على مداره الطاقوي المخصص له لا يُطلق أي طاقة



يمكن ملاحظة خطوط الطيف في الضوء المبعث من عناصر متوهجة. هذه الخطوط الناجمة عن بث الذرات للضوء. كانت أحد البراهين على صحة نظرية بور وصلاحيها لتفسير طول موجات خطوط طيف الهيدروجين استناداً إلى مختلف مستويات الطاقة التي تقفز الإلكترونات منها إليها.



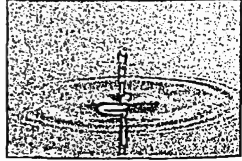
ماكس بلانك  
Max Plank  
(١٨٥٨ -  
١٩٤٧) عالم  
فيزياء ألماني  
ومؤسس النظرية  
الكوانتية، حاز  
على جائزة نوبل  
عام ١٩١٨.

المعضلات التي لم تستطع نظرية رذرفورد  
Rutherford حلها، وساهمت مساهمة كبيرة  
في تطور النظرية النووية، إلا أنها فشلت في  
تفسير بعض صفات أطيف الذرة متعددة  
الإلكترونات وسبب وجود الفروق في  
كثافة خطوط طيف ذرة الهيدروجين.

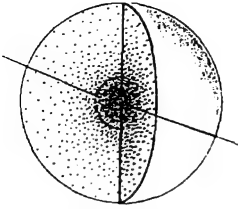
### النظرية الذرية الحديثة

والانحراف والتداخل.  
انطلاقاً مما تقدم. من الصعب. لا بل من  
المستحيل. تحديد مكان تواجد الإلكترون  
وسرعته بدقة ويفقد من الأصح تحديد  
هذه القيم من خلال معادلات حسابية  
دقيقة تدل على احتمالية تواجد  
الإلكترون في مكان محدد. وتمثل هذه  
الاحتمالية عادةً على شكل سحببات  
إلكترونية تزداد كثافتها كلما ازداد

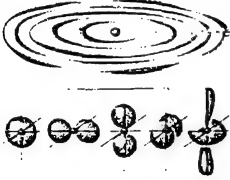
تقوم النظرية الذرية الحديثة على مفهومين  
أساسيين. هما الطبيعة المادية والموجية  
للأجسام الدقيقة كالإلكترونات  
والفوتونات.  
فالإلكترون مادة لأنه يُظهر الآثار المميزة له  
كوحدة مادية متكاملة وهو موجة لأنه  
يتمتع بصفات الأمواج من حيث الحركة



ان للمادة كياناً مزدوجاً موجياً وجسيمياً معاً. يمكن رؤية الأمواج على سطح البحر وعندما تقع حصاة في  
خزان ماء. كما أن الصوت والموجات الكهرومغناطيسية كالضوء والأشعة السينية. تنتشر كأمواج. لقد أدى  
المفهوم الموجي للأجسام إلى حدوث قفزة نوعية هائلة في مفاهيم الكيمياء والفيزياء.



الذرة عبارة عن نواة محاطة بسحابة الكترونية. مكان الإلكترون يبقى مجهولاً لكن احتمالية وجوده على بعد معين من المركز تتناسب طردياً مع كثافة السحابة الإلكترونية.



يمكن تصور المسارات الممكنة للإلكترون حول النواة كدوائر يتوافق عددها مع عدد صحيح من الموجات يمثلها العدد الكوانتي الرئيسي  $n$  ويوصف شكل السحب الإلكترونية حول النواة بواسطة الأعداد الكوانتية الثلاثة  $n$  و  $l$  و  $m$ .

مدارات ذات مستويات طاقة وأشكال وتوجهات فراغية محددة. وقد قام العالم

باولي Wolfgang Pauli (١٩٠٠ - ١٩٥٨) الذي حاز على جائزة نوبل لعام ١٩٤٥،

احتمال تواجد الإلكترون في منطقة معينة.

للموصف الثام للحالة التي يوجد فيها الإلكترون في الذرة، لا بد من الإشارة إلى أربع قيم هامة تدعى بالأعداد الكوانتية أو الكمومية وهي:

١ - العدد الكمومي الرئيسي: يشير هذا العدد إلى السوية الطاقة التي يحتمل وجود الإلكترون فيها. ويرمز إليه بالحرف  $n$ .

٢ - العدد الكمومي المداري: يحدد هذا العدد شكل السحابة الإلكترونية. ويرمز له بالحرف  $l$ .

٣ - العدد الكمومي المغناطيسي: يحدد هذا العدد توجه السحابة الإلكترونية الفراغي ويرمز له بالحرف  $m$ .

٤ - العدد الكمومي الرابع: هو عدد اللف الذاتي. فإذا كانت الأعداد الثلاثة السابقة

تعبّر عن وضع السحابة الإلكترونية، فإن هذا العدد يُحدد وضع الإلكترون نفسه. فالإلكترون يلف حول ذاته عكس أو مع عقارب الساعة، والغاية من وراء هذا العدد الكوانتي هي تحديد اتجاه لف الإلكترون نفسه.

يمكن تلخيص كل ما ورد حتى الآن بقولنا إن الإلكترونات تدور حول النواة ضمن

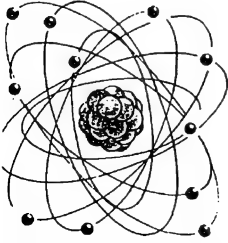
|          |  |  |  |  |
|----------|--|--|--|--|
| هيدروجين |  |  |  |  |
| مغنسيوم  |  |  |  |  |
| كربون    |  |  |  |  |
| الكلور   |  |  |  |  |

يمكن تدوين مواقع الإلكترونات الذرة غير المشحونة لأي عنصر بخانات رمزية. وبما أن الإلكترونات (المشار إليها بسهم) يمكن أن تدور على نفسها باتجاهين متعاكسين، فبإمكان كل خانة استيعاب إلكترونين يرمز لهما بسهمين متعاكسين بالاتجاه.

بإرساء المبدأ الذي اشتهر باسمه فيما بعد والذي يقول بأنه في الذرة لا يوجد إلكترونات يتمتعان بنفس الأعداد الكوانتية الأربعة نفسها.

فإذا اتفق إلكترونات بالأرقام الثلاثة الأولى اختلفا بعدد اللف الذاتي. ويرمز للخط الإلكتروني أو المدار الإلكتروني عادة في دراسات الذرة على شكل حجيصة صغيرة أو خلية الكترونية وللالكترون ضمنها على شكل سهم.

### بنية النواة الذرية



نموذج الذرة المعترف به في عام ١٩٤٠ تدور به النواة مشكلة من عدد متساوٍ من البروتونات والنيوترونات. أي أنه يحتوي ١١ بروتون و ٢٢,٩٨ بروتون ونيوترون. لا تتواجد البروتونات

وفقاً للتصورات الحديثة، تتألف النواة من بروتونات موجبة الشحنة ونيوترونات عديمة الشحنة الكهربائية. ويدعى مجموع البروتونات والنيوترونات الموجودة في النواة بعدد كتلة العنصر. كما يرمز للنواة عادة برمز عنصرها مع عدده الذري (عدد البروتونات) في الزاوية العليا اليمنى وعدد الكتلة (البروتونات والنيوترونات) في الزاوية السفلى اليمنى. وهكذا يرمز للصوديوم مثلاً بالرمز



الجدول الدوري إلى أرقام تزيد بكثير عن عدد البروتونات. فالبريموت Bismuth مثلاً الذي كتلته الذرية ٢٠٩، فيه ٨٣ بروتون و١٢٦ نوترون.

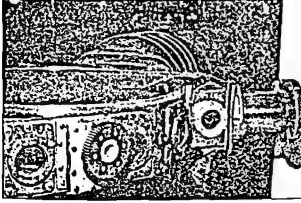


والنوترونات بنفس النسب. وليست كل نسب تواجد هذه الدقائق أو الجسيمات ثابتة. فنوى ذرات العناصر الخفيفة أكثر ثباتاً. إذ يكون فيها عدد النوترونات مساوياً تقريباً لعدد البروتونات. ثم ومع ازدياد شحنة النواة يزداد عدد النوترونات اللازم لستامين الشبات النووي. لتصل في آخر

## ما وراء الذرة

مسارعات الجسيمات. فقد تبين أن الاصطدامات المرتفعة الطاقة تؤدي إلى توليد جسيمات جديدة عُرف منها حتى الآن ما يربو على ٢٠٠ وأكثرها غير مستقرة.

حتى عام ١٩٣٢، كان يظن أنه يمكن بثلاثة جسيمات فقط تفسير البنية الذرية. لكن منذ ذلك الحين، تعددت الأمور باكتشاف جسيمات عديدة إضافية بفضل دراسة الأشعة الكونية وتجارب استخدمت فيها



اخترع الباحث ارنست لورنس Ernest Lawrence (١٩٠١ - ١٩٥٨) السيكلوترون الخلفي في جامعة كاليفورنيا في عام ١٩٣٠. طول حجرة الفراغ فيه لم تكن تتجاوز ٩.٨ سم. أما اليوم فالمسارع العملاق الموجود في المركز الأوروبي للبحوث النووية في جيف يبلغ قطره ٤٨،٨ كم. تسرع الجسيمات في السيكلوترونات حتى سرعات عالية لتقذف النوى بقصد توليد جسيمات أخرى.



تُصنّف هذه الجسيمات تحت الذرية العديدة في مجموعات، فالجسيمات التي تشارك في التفاعلات الشديدة تُسمى هَدْرُونات (منها الترون Neutron والبروتون Proton والنوكليون Nucleon والميزون Méson) والجسيمات التي لا تشارك في التفاعلات الشديدة تسمى لبتونات Leptons (ومنها الإلكترونs electrons والنترينو Neutrino). ولا تزال المشكلة الكبرى في فيزياء الطاقة المرتفعة تكمن في صعوبة التوصل إلى نظرية موحدة تُفَسِّرُ وجود هذه الكثرة من الجسيمات والجسيمات المضادة لها.

### طاقة الارتباط النووية



يخضع جوهر المادة لمداي التماثل والتكامل. اللذين يلخصهما الرمزان الصبيان بن وبائع وتعكسهما النظرية العصرية القائلة بشأنية المرجح والجسم.

نجد أن كل تغير في الكتلة لا بد وأن يرافقه تغير موافق له في الطاقة. فإذا كان هناك فرق في الكتلة لدى تشكل نوى الذرات فإن هذا يعني أنه لا بد وأن تحرر طاقة كبيرة جداً

إذا تمت الحسابات بدقة متناهية، نجد أن كتلة النواة تساوي تقريباً مجموع البروتونات والنترونات ودائماً تنقص عنها بقليل. فإذا أخذنا مثلاً نواة الهليوم التي تتألف من بروتونين ونترونين وجمعنا كتلتها لوجدنا:

$$1.00728 + 2 \times 1.00867 = 4.03190$$

2 x

إلا أن كتلة الهليوم في الواقع تساوي 4.0026. أي أقل بـ 0.03 تقريباً.

يتحول هذا الفرق من الكتلة إلى طاقة تدعى بطاقة الارتباط تقوم بضممان التلاحم والارتصاص للبروتونات والنترونات داخل النواة. وانطلاقاً من النظرية النسبية الناطقة للعلاقة بين الطاقة والكتلة المعبر عنها بالمعادلة:

$$E = mc^2$$



في باطن الشمس يتحول الهيدروجين إلى ديتريوم (أحد نظائر الهيدروجين) والديتريوم إلى هليوم. ويحدث ذلك تحت تأثير الجاذبية في مركز الشمس التي تشد ذرات الهيدروجين إلى بعضها مولدة ضغطاً عالياً ودرجة حرارة مرتفعة جداً. فيرق الكتلة الناتجة جراء هذه التفاعلات يتحول إلى طاقة هائلة تصل آثارها الكرة الأرضية باعثة الدفء والحياء في أرجائها. إن توليد حرارة عالية بالقدر الكافي لحدوث مثل هذه التفاعلات على سطح الأرض هو أمر صعب للغاية. ولو أمكن صنع مفاعل اندماجي لكان له ميزات ايجابية كثيرة على المفاعل الانشعاعي المنسط.



الباحث الألماني ألبرت أينشتاين Albert Einstein (١٨٧٩ - ١٩٥٥) اكتشف الحركة البراونية وطبق نظرية الكوانتا على الطاقة الإشعاعية. مؤلف النظرية النسبية الشهيرة التي قلبت المفاهيم الفيزيائية المتعلقة بالفضاء والزمن. لقد كان أينشتاين معارصاً وبشدة للتسلح النووي. حاز على جائزة نوبل في عام ١٩٢١.

جاء ذلك. إن هذه الطاقة الارتباطية أو ما يدعى بانحراف الكتلة، طاقة هائلة جداً. حاول الإنسان وما زال يحاول أن يحصل عليها بشتى الوسائل. ولتجسيد ذلك على الصعيد الملموس وتقريبه للفهم على مثال ذرة الهليوم سالفة الذكر، نجد أن الانحراف في كتلة هذا العنصر تساوي  $0.03$  واحدة كتلة ذرية. أي لدى تشكل مول من الهليوم يُساوي الانحراف  $0.03$  غرام أو  $3 \times 10^{-5}$  كم وتطبيق معادلة أينشتاين Einstein نجد:

$$3 \times 10^{-5} = (3 \times 10^8)^2 \times 2.7 \times 10^{-10}$$

جول

أي أن الطاقة المنبعثة جراء تشكل ذرة الهليوم مساوية للطاقة التي يُنتجها سد كهربائي ضخمة لمدة ساعة كاملة من الزمن.

### النظائر Isotopes

ذرات العنصر الواحد شحنة واحدة، أي أنها تحتوي كلها على عدد ثابت من البروتونات. إلا أن عدد النيوترونات، هو الذي يختلف في نوى هذه الذرات. من هنا نقول عن الذرات التي تمتلك شحنة نواة واحدة (وبالتالي صفات كيميائية واحدة) وأعداد نيوترونات مختلفة (عدد كتلة مختلف أيضاً)

ترى ما المقصود بالنظائر. كثيراً ما يسمع المرء باسم النظائر المشعة ونصف عمر المادة المشعة إلى آخر ما هنالك من مصطلحات علمية قد تبدو للوهلة الأولى معقدة بل ومخيفة لما لها من علاقة وثيقة مع تفاعلات الانشطارات النووية والإشعاع الذري. إلا أن الأمر في جوهره بسيط، فلكل نوى

إنها نظائر isotopes للعنصر الواحد. فمثلاً الكلور في الطبيعة يتألف من نظيرين اثنين هما الكلور ذو الكتلة ٣٥ والكلور ذو الكتلة ٣٧. لقد درست في الوقت الحاضر كل نظائر العناصر الموجودة في الجدول الدوري وتبين أن كل عنصر يتألف من مجموع عدة نظائر. الأمر الذي يُفسر انحراف الكتلة الذرية للعديد من العناصر عن الأرقام الصحيحة الكاملة. فالكلور الذي ذكرناه أعلاه يتألف من النظير ٣٥ بنسبة ٧٥,٥٣٪ ومن النظير ٣٧ بنسبة ٢٤,٤٧٪. أي أن كتلته تساوي في المحصلة ٣٥,٤٥٣. تُستخدم هذه النظائر في العديد من المجالات الهامة، كدراسة الآليات الكيميائية الحيوية التي تجري في جسم الإنسان. مثلاً من خلال رسم الجزيئات الحيوية بذرات العناصر ثم متابعة رحلتها ضمن الجسم والكشف عنها في نهاية المطاف مُعرفة ما حلَّ بها وما هي الطرق التي سلكتها.



بين التوهج الضارب إلى الخضرة مسار انتشار جزيئات نواقل الغلوكوز (Glucose) من داخل الخلية الحية إلى سطحها. فقد وسمت النواقل بأعداد مرتبطة مع نظائر كيميائية متألقة كنظائر الفوسفور مثلاً، بهدف تتبع مسارها داخل الخلية أثناء تأديتها لوظائفها الاستقلابية.

### النشاط الإشعاعي ونصف عمر المادة المشعة

مر معنا سابقاً أن بعض العناصر يُصدر أنواعاً معينة من الإشعاع. وأن هذا الإشعاع يقسم إلى إشعاع ألفا  $\alpha$  وبيتا  $\beta$  وغاما  $\gamma$ . ونستطيع الآن بعد أن ولجنا إلى غياهب



اكتشف العلماء حديثاً أحد أنواع النشاط الإشعاعي الذي يتم من خلال إطلاق بروتونين معاً. ولكنهم يعرفوا بعد هل يطلق البروتونان معاً (أعلى الصورة) أم بشكل متتابع (أسفل الصورة).

الذرة ونواتها أن تُعرّف النشاط الإشعاعي بأنه عبارة عن التحول الطبيعي (أو الصناعي) للنظير غير المستقر لأحد العناصر الكيميائية إلى نظير عنصر آخر مع ما يرافق ذلك من إطلاق بعض المكونات الذرية أو النوى (كالدقائق ألفا « مثلاً). ويتم هذا



تستخدم ظاهرة نصف عمر المادة المشعة لقياس عمر المستحاثات بدقة حيث يصل نصف عمر بعض المواد المشعة إلى عشرات آلاف السنين.

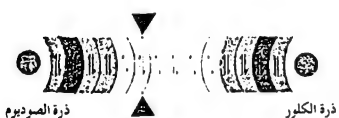
أيضاً يبقى الثمن فقط. وهكذا فإن الزمن التحول بسرعات مختلفة تبعاً لنوع اللازم لتفكك نصف المادة الأساسية من العنصر. أما نصف عمر المادة المشعة فهو العنصر المشع تدعى بنصف عمر المادة مصطلح يستخدم للدلالة على أن الزمن المشعة. ولا بد من أن نُضيف في ختام اللازم لتحول العنصر المشع إلى عنصر آخر الحديث عن التفكك المشع أن لهذا الإشعاع مستقر عن كمية المادة المشعة، فإذا كان لدينا أنواعاً أساسية هي التفكك - B والتقاطع كمية معينة من عنصر الرادون المشع نلاحظ الإلكتروني والانقسام اللحظي. وغالباً ما أنه بعد ٩٢،٤ ساعة يبقى من هذه الكمية تترافق كل هذه الأنواع من التفكك المشع الأولية مقدار النصف وبعد ٩٢،٤ ساعة مع إطلاق الإشعاع v. أخرى يبقى الربع، وبعد مرور ٩٢،٤ ساعة



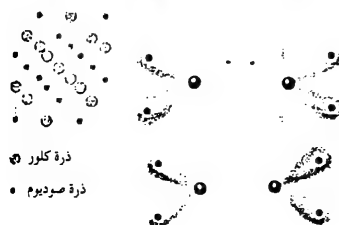
لم يصبح بالامكان وصف ترابط الذرات إلا بعد اكتشاف الطبيعة الموجية للمادة. قبل ذلك كانت طريقة الترابط من الألغاز. وكان تصورهما من مستحبات الخيال كما يظهر في هذا النموذج الطريف لجزيء النزل. أما اليوم فيصور النزل على شكل حلقة سداسية مؤلفة من ست ذرات كربون.

أثناء تشكل الرابطة الكيميائية يحدث دائماً إطلاق لكمية معينة من الطاقة على حساب انخفاض الطاقة الكامنة الكلية في الذرات والإلكترونات المشاركة في التفاعل. أي أن الشرط اللازم والضروري لتشكل الرابطة الكيميائية هو خفض الطاقة الكامنة الموجودة في الجمل الذرة المتفاعلة.

تنشأ الرابطة الكيميائية بفضل تداخل وتفاعل الحقول الكهربائية المتشكلة من نوى والإلكترونات ذرات العناصر المشاركة في تشكيل الجزيئات والبلورات. ولقد بات من الممكن التعرف على طبيعة هذه



في الترابط الشاردي (أ) تنقل الإلكترونات من مداراتها. كما تنتقل مثلاً من مدار الصوديوم ٣٥ إلى مدار الكلور ٣٨. وكثيراً ما تنظم المركبات الشاردية في ترتيبات هندسية خاصة تكون فيها الشحنات الكهربائية متوازنة (ب).



لكن في الترابط التساهمي تنقسم الإلكترونات الكهروني المدار الجزيئي. لهذه المدارات أشكال خاصة، كما هو الحال بالترابط المتردج الذي يربط فيما بين ذرات الكربون في الانيلين (ج).



جيمس واط  
(١٨١٩ - ١٧٣٦)

الكسندرو فولتا  
(١٨٢٧ - ١٧٤٥)



نيقولا تلسا  
(١٩٤٣ - ١٨٥٦)

بليز سكال  
(١٩٦٢ - ١٦٢٣)



التداخلات بعد التوصل إلى اكتشاف بنية الذرة والطبيعة الموجية للمادة للإلكترون. ففي عام ١٩١٦ ظهرت فكرة نشوء الرابطة الكيميائية عن طريق تشكل زوج إلكتروني يستمى وفي وقت واحد إلى ذرتين مختلفتين. وقد كانت هذه الفكرة هي الأساس في ولادة نظرية الرابطة التكافؤية الحديثة Liaison Covalente. وفي نفس العام أي ١٩١٦ قال العالم الألماني والتر كوسل Walter Kossel (١٨٨٨ - ١٩٠٦) أنه عندما تتفاعل ذرتان لا على التبعين تقوم إحداهما بإعطاء إلكترونات والثانية باستقبال الإلكترونات، وبهذا تكتسب الذرة الأولى شحنة موجبة والثانية شحنة سالبة. الأمر الذي يؤدي إلى تجاذب هذه الشوارد الكهربائية وتوليد مركبات ثابتة. وقد أدت أفكار كوسل Kossel إلى نشوء وتطور ما يُعرف باسم الرابطة الشاردية Liaison ionique.

### الرابطة التكافؤية Liaison covalente

دراسة الروابط تتعلق بالدرجة الأولى بالعدد الكمومي الرابع أو عدد اللف الذاتي للإلكترونات المشاركة في تشكيل الرابطة. فإذا كان اللف الذاتي للإلكتروني الرابطة

تبين من خلال الدراسات الرياضية النظرية المعقدة على جزيء الهيدروجين. ومن بعدها الدراسات التجريبية التي أجريت حال توفر التقنية اللازمة لها أن نتائج



عندما تتحد ذرتا الهيدروجين وتبدأ عملية المشاركة بالالكترونات تتحرركمية من الطاقة لتتألف اذ ذاك الثواتان الموجبتان بقوة تعمل بعكس قوة الترابط بين الالكترونات، وهذا ما يبقي السواتين بعيدتين الواحدة عن الأخرى بمسافة ثابتة تدعى مسافة الترابط.

يؤدي إلى إنجذاب النوى موجبة الشحنة إلى منطقة التداخل هذه، الأمر الذي يؤدي إلى تشكل جزيء ثابت ومستقر.

تدعى هذه الرابطة ثنائية الإلكترون بالرابطة التكافؤية. وهي رابطة موجودة ليس فقط في جزيء الهيدروجين بل في الجزيئات الأكثر تعقيداً منه. وقد أدى هذا النموذج من الرابطة الكيميائية الى تفسير وفهم عدد كبير جداً من الجزيئات علماً بأنه لا يغطي كل أشكال المركبات المعروفة.

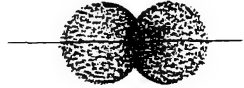
بالإمكان تلخيص نظرية الرابطة التكافؤية بالبندين التاليين:

١ - تتشكل الرابطة الكيميائية التكافؤية بوجود إلكترونين متعاكسين باللف الذاتي (العدد الكمومي الرابع) ينتميان إلى ذرتين

الموجودة في جزيء الهيدروجين مثلاً يتم بنفس الاتجاه فسوف يؤدي اقتراب الذرات من بعضها إلى ازدياد طاقة الجمعة الجديدة الناتجة وهذا يتناقض مع ما ذكرناه في بداية البحث في ماهية الرابطة الكيميائية. وبالتالي سوف لن تتشكل أية رابطة كيميائية في هذه الحالة.

أما إذا كان اللف الذاتي للإلكترونات المشاركة بالرابطة يتم باتجاهين متضاربين فسوف يؤدي اقتراب الذرتين إلى مسافة حدية معينة إلى تقليص طاقة الجمعة الجديدة المتشكلة. وبعد هذه المسافة الحدية تعود الطاقة للازدياد مرة أخرى.

بكلام آخر نقول إنه في حال تضارب اللف الذاتي للإلكترونات الذرية بتشكيل جزيء  $H_2$  الذي يعتبر جمعة ثابتة تتألف من ذرتي هيدروجين تقفان على مسافة معينة الواحدة عن الأخرى. إن الارتباط الكيميائي بين ذرات الهيدروجين ينتج عن تداخل السحابات الالكترونية الذي يتم عند اقتراب الذرات المتفاعلة. ونتيجة لذلك تزداد الشحنة السالبة في منطقة التداخل مما



تداخل السحب الالكترونية في جزيء الهيدروجين



مختلفتين.  $Cl_2$  فإن كل سحابة إلكترونية مُشكَّلة من زوج إلكتروني مشترك ومؤدية لتشكيل الرابطة التكافؤية تتوضع فراغياً بشكل متناظر تماماً نسبة لنوى كلتا الذرتين. وفي هذه الحالة تدعى الرابطة بالرابطة التكافؤية اللاقطية أو المتجانسة.

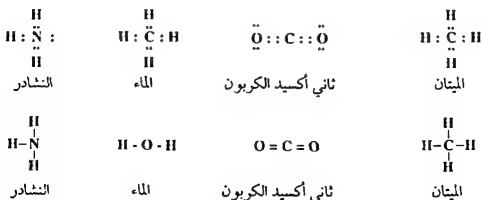
أما إذا تشكل الجزيء ثنائي الذرة (أو عديد الذرات) من ذرات عناصر مختلفة فسوف تنزاح السحابة الإلكترونية باتجاه إحدى الذرات مما يؤدي إلى تشكل لا متناظر في توزيع الشحنة وهذا يؤدي إلى تسمية الرابطة التكافؤية بالرابطة القطبية أو غير المتجانسة، ولتحديد مقدرة أو قوة العنصر على جذب السحابة الإلكترونية إليه يلجأ عادة إلى مفهوم الكهرسلبية النسبية. فكلما ازدادت كهرسلبية الذرة ككل، كلما كانت مقدرتها أكبر على جذب السحابة الإلكترونية إليها.

٢ - تكون الرابطة التكافؤية أكثر ثباتاً وقوة كلما كان تداخل السحابات الإلكترونية أكبر. لتمثيل الرابطة التكافؤية يلجأ عادة إلى تمثيل الإلكترونات التي تقع في الطبقات السطحية على شكل نقط تقع حول رمز الذرة والإلكترونات المشتركة بين الذرات على شكل نقط تقع بين الرموز الكيميائية أما الرابطة الثنائية أو الثلاثية فيعبر عنها بزوجين أو ثلاثة من النقط المشتركة وعلى هذا الشكل يعبر عن جزيء الهيدروجين بالشكل التالي:

$H \cdot + \cdot H = H : H$

ويمكن الاستغناء عن هذه النقط واستبدالها بخطوط صغيرة يُعبر كل خط منها عن زوج إلكتروني.

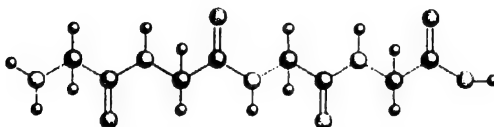
إذا تشكل الجزيء ثنائي الذرة من ذرات عنصر كيميائي واحد كالجزيئات  $N_2$ ,  $H_2$



صاغ بعض المركبات ذات الروابط التكافؤية معبراً عنها بنقط (الجهة العليا) وبخطوط (الجهة السفلى)

|            |            |           |           |           |           |           |
|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Li<br>0.98 | Be<br>1.5  | B<br>2.0  | C<br>2.5  | N<br>3.07 | O<br>3.50 | F<br>4.0  |
| Na<br>0.93 | Mg<br>1.2  | Al<br>1.6 | Si<br>1.8 | P<br>2.2  | S<br>2.6  | Cl<br>3.0 |
| K<br>0.91  | Ca<br>1.04 | Ga<br>1.8 | Ge<br>1.8 | As<br>2.1 | Se<br>2.5 | Br<br>2.8 |
| Rb<br>0.89 | Sr<br>0.99 | In<br>1.5 | Sn<br>1.8 | Sb<br>1.8 | Te<br>2.1 | I<br>2.6  |

مقادير الكهرسلبية النسبية لبعض ذرات عناصر الجدول الدوري.



إن الكربون من أكثر العناصر مقدرة على تشكيل الروابط التكافؤية. في الشكل صورة بييد رباعي الحمض الأميني Tetra peptide ذرة الكربون باللون الرمادي والأكسجين بالأخضر أما الهيدروجين فبالأزرق والآزوت بالأحمر.

### الرابطة التشاردية liaison ionique

ينشأ هذا النوع من الترابط جراء التجاذب الكهربائي الساكن المتبادل الحاصل بين الذرات ذات الشحنات المتعاكسة. وقد تكون الشوارد IONS بسيطة تتألف من ذرة واحدة (شوارد موجبة  $\text{Na}^+$ ،  $\text{K}^+$  وشوارد سالبة  $\text{F}^-$  أو معقدة تتألف من ذرتين أو أكثر (مثل شاردة  $\text{NH}_4^+$  الموجبة وشوارد  $\text{OH}^-$  و  $\text{NO}_3^-$  السالبة). تتشكل الشوارد الموجبة البسيطة بشكل رئيسي من ذرات المعادن التي تتخلى بسهولة عن إلكتروناتها وتتحول إلى

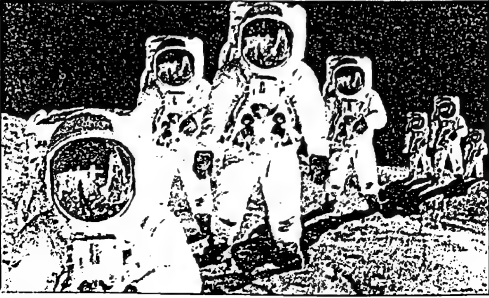
الشحنة الموجبة.



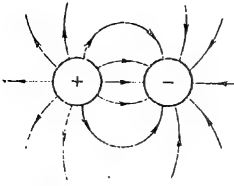
عندما ترتبط ذرتان تلقائياً لتكوين مركب ما يجعل تحرر الطاقة هذا المركب مستقراً. ويمكن عكس العملية باعطاء المجموعة كمية معينة من الطاقة. فالأملاح الفضية الخالية من اللون المستعملة في النظارات الشمسية الذاتية التعميم وفي عبوة رجل الفضاء تتخذ شكل شوارد فضية في قالب زجاجي. في ضوء الشمس يمتزج الزجاج لأن طاقة الضوء تفك الروابط النشاردة وتعيد تحويل الفضة الى ذرات معدنية. وبغياب الشمس تكون مجددًا الشوارد الخالية من اللون.

أما تشكيل الشوارد السالبة البسيطة فهو أمر مميز لذرات اللامعادن ذات الإلفة العالية للإلكترون. أي التي تستقبل الإلكترونات وتتحول إلى الشحنة السالبة مثل الهالوجينات (I, Br, F, Cl) لذا فإن المركبات ذات الرابطة التشاردية النمطية هي من النمط  $\text{NaCl}$  و  $\text{C}_2\text{F}_6$  مثلاً.

بكلام آخر - إن الذي يحصل هنا هو انتقال إلكترون تكافؤ واحد أو أكثر من ذرة ودخوله إلى الطبقة الالكترونية الخارجية لذرة أخرى مما يؤدي إلى تشارد الذرتين وحصول كل منهما على شحنة كهربائية معاكسة للأخرى حيث تُسبب هاتان الشحنتان تجاذباً كهربائياً ساكناً يجعل



الذرتين شديدتي الاتحاد.



الحقل الكهربائي ثنائي القطب. تشير الأسهم إلى توجه خطوط القوة.

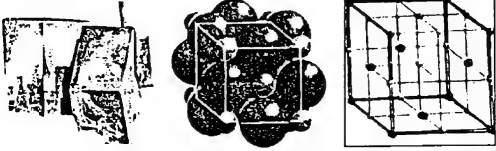
لشوارد المتفاعلة ومن خلال أن قوى الجذب القائمة بين الشوارد المتعاكسة يجب أن تغلب على قوى التصادم الموجودة بين الذرات ذات الإشارة الواحدة.

إن غياب الاتجاه وظاهرة عدم الإشباع لدى الروابط التشاردية يؤدي إلى ميل الجزيئات التشاردية إلى التجمع مع بعضها، أي إلى تشكيل بلورات في حالة الجسم الصلب. إذ إن كل الأجسام الصلبة التشاردية لا تمتلك بنية جزيئية بل بنية شبكية بلورية تشاردية خاصة.

من الأمور التي تميز الرابطة التشاردية عن الرابطة التكافؤية، أنه ليس لهذه الرابطة أي توجه فراغي محدد. الأمر الذي يُفسَّر بأن للشاردة حقلاً كهربائياً كروياً تتناقص قوته بنفس الدرجة وبكل الاتجاهات.

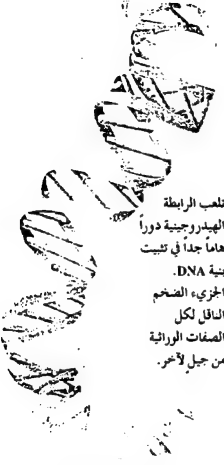
إن الجملة المؤلفة من شحنتين متساويتين بالقيمة المطلقة ومتعاكستين بالإشارة (سالبة أم موجبة) تؤدي إلى خلق حقل كهربائي في الفراغ المحيط بها.

مما يعني أن الشاردتين المتعاكستين بالإشارة والمتجذبتين إلى بعضهما تحتفظان بمقدرتهما على التداخل الكهربائي الساكن مع الشوارد الأخرى. وهنا يكمن الاختلاف الجوهرى الآخر بين هذه الرابطة والرابطة التكافؤية. فالرابطة التشاردية غير قابلة للإشباع لأن الشاردة تستطيع ربط عدد من الشوارد المعاكسة بالشحنة الكهربائية. ويحدد هذا العدد من خلال الأبعاد النسبية



بلورة الملح الصخري مكعبة الشكل (الى اليمين) والتركيب الشبكي (الى اليسار) الناتج عن تنابع شوارد الصوديوم والكلور. يتكرر هذا الشكل ملايين المرات في بلورة الملح الصخري الطبيعية.

## الرابطة الهيدروجينية Liaison hydrogene



تلعب الرابطة  
الهيدروجينية دوراً  
هاماً جداً في تثبيت  
بنية DNA.  
الجزء الضخم  
الناقل لكل  
الصفات الوراثية  
من جيل لآخر.

لاحظ الباحثون منذ القرن التاسع عشر أن المركبات التي يرتبط بها الهيدروجين مباشرة مع الفلور والأكسجين والأتوت تتمتع بصفات خاصة غير مألوفة، كتغير قيم الغليان والانصهار عن القيم المتوقعة، وعجزوا عن تفسير ذلك. أما اليوم فقد أصبح واضحاً أن الجذب الكبير الموجود بين جزيئات هذه المركبات هو المسؤول عن ذلك، الأمر الذي تلعب به الرابطة الهيدروجينية السبب الأول والأهم. إذ إن التغير في الصفات المميزة للمركبات المذكورة أعلاه يعود إلى مقدرة ذرة الهيدروجين المرتبطة مع ذرة تابعة لعنصر ذي كهرسلبية عالية، على تشكيل رابطة أخرى إضافية مع الذرات الأخرى المائلة والمجاورة لها. الأمر الذي يؤدي إلى نشوء ما يعرف باسم الرابطة الهيدروجينية.

الفلور هذه شحنة سلبية إضافية. واكتساب ذرة الهيدروجين العارية تقريباً من إلكترونها، شحنة موجبة (أصبحت عبارة عن مجرد بروتون فقط). الآن بين بروتون ذرة الهيدروجين وذرة الفلور المشحونة سلباً التابعة لجزيء HF المجاور، تنشأ رابطة كهربية ساكنة هي الرابطة

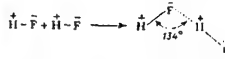
فعند تشكل الرابطة التكافؤية القطبية بين ذرات الهيدروجين والفلور مثلاً، الذي يتميز بكهرسلبية عالية، تنزاح السحابة الإلكترونية التابعة لذرة الهيدروجين وبقوة نحو ذرة الفلور، مما يعني اكتساب ذرة



إن الرابطة الهيدروجينية هي المسؤولة الأولى عن الصفات الفريدة التي يتميز بها جزيء الماء الذي يغطي ثلاثة أرباع سطح كرتنا الأرضية الزرقاء.

تجمعات جزيئية، على شكل مشنوبات ومثلوثات ومكثورات، تتواجد ليس فقط في الحالة السائلة بل حتى في الحالة الغازية أيضاً.

في مروجينية المذكورة أعلاه، بالإمكان رسم تشكيل الرابطة الهيدروجينية أثناء تفاعل جزيئين من HF بالشكل التالي:



وبهذا الأمر ينطبق ليس فقط على HF بل، على البروتينات وجزيء الماء، الجزيء الأكثر أهمية في حياة الإنسان والكائنات الحية كلها.

إن طاقة الرابطة الهيدروجينية (٤٠ - ٨ كيلو جول/مول) أقل بكثير من طاقة الرابطة التكافؤية (١٥٠ - ٤٠٠ كيلو جول/مول). إلا أنها نظراً للأعداد الهائلة التي تتواجد بها تصبح كافية لتشكيل

### الرابطة المعدنية liaison métallique

الذري إلا إذا قبلنا بوجود قوى شديدة الأواصر تربط بين ذرات هذا المعدن أو ذلك. كما أن صفة الناقلية العالية للكهرباء وإصدار المعادن للإلكترونات لا تصبح واضحة للدراسة إلا إذا افترضنا أن الإلكترونات متحركة في المعدن بشكل

تسمح المعادن بصنات هامة خاصة بها تستخدم في عالم الصناعة وتوضع في خدمة الإنسان في كل لحظة من لحظات حياته مثل صفة الصلابة والمرونة وقابلية السحب والطرق. ولا تفسر هذه الصفات على الصعيد



بالانفعاؒ من صفة المرونة وقابلية السحب  
تقوم معامل الفولاذ الضخمة  
بصنع صفائح فولاذية رقيقة  
تقطع بعد تبريدها أو تلف  
على شكل أسطوانات  
استعدادا لاستعمالها لاحقاً.

## الكيمياء

سهل ويسير، الأمر الذي أدى إلى اكتشاف  
مفهوم الرابطة المعدنية التي تُعرّف بأنها  
رابطة إلكترونية يكونها زوج الكتروني  
مُشترك غير ثابت يتكون آنياً بين ذرتين  
معدنيتين لكنه سرعان ما يفترق مكوناه



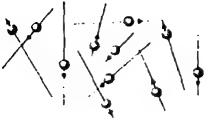


## بنية الجسم الصلب والسائل

### التأثرات بين الجزيئية

عندما تكون المادة في الحالة الغازية، تتحرك الدقائق - الذرات أو الجزيئات - المكونة لها بشكل عشوائي وفوضوي وبالتالي فهي تقضي الجزء الأكبر من الزمن على مسافة بعيدة الواحدة عن الأخرى (بعيدة نسبة لمقاييسها الذاتية). وتبعاً لذلك تكون التآثرات interactions فيما بينها في حدودها الدنيا. أما إذا كانت المادة شديدة التراص أو عالية التركيز كحالة الجسم الصلب أو السائل فتكون المسافات بين دقائق المادة صغيرة وبالتالي التآثرات كبيرة. وتؤدي هذه التأثيرات إلى إبقاء دقائق الجسم الصلب أو السائل الواحدة بالقرب من الأخرى. ومن هذا المنطلق تمتلك المواد في حالتها المركزة خلافاً للغازات حجوماً محددة في درجات حرارة محددة. إن القوى التي تجعل دقائق الأجسام السائلة والصلبة ملاصقة لبعضها ذات طبيعة كهربائية لكنها تختلف تبعاً لنوع الدقائق





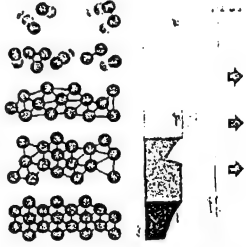
تتحرك جزيئات الغاز باستمرار بمختلف السرعات والاتجاهات. ينتج الضغط عن اصطدام الجزيئات مع جدران الوعاء. يكون عدد الجزيئات حتى في أصغر الأحجام كبيراً لدرجة أن الضغط يظل واحداً في جميع أجزاء الوعاء. الضغط يتناسب طردياً مع عدد الجزيئات في وحدة الحجم ومع معدل الطاقة الحركية للجزيئات.

بعض المواد يتألف من جزيئات ثنائية القطب كجزيئات الماء مثلاً  $H_2O$  أو حمض كلور الماء. وتكون هذه الجزيئات متوزعة بشكل تتجه به الأقطاب المتخالفة بالإشارة الكهربائية باتجاه بعضها والعكس صحيح. الأمر الذي يؤدي في النهاية إلى بقاء هذه الدقائق أو الجزيئات قريبة من بعضها.

البعض الآخر من المواد الجزيئية لا يمتلك طبيعة ثنائية القطبية ولكنه قادرٌ على خلق الاستقطاب حيث تقوم كل ذرة من ذرات الجزيء بخلق حقل كهربائي حولها يؤدي إلى استقطاب الذرة القريبة منه والمنتمية للجزيء المجاور وهكذا دواليك، تُخلق روابط مُحفَزة أو متتالية تؤدي لربط

المكونة لهذه الأجسام. أي هل هي ذرات معدنية أم لا معدنية، وهل هي شوارد أم جزيئات إلخ...

فإذا كانت المادة مكونة من ذرات لا معدنية، ترتبط الذرات بروابط تكافؤية. وإذا كانت المادة عبارة عن معدن، يكون جزء من إلكتروناتها مشاعاً لكل الذرات، يتحرك بينها بحرية مؤدياً لربطها مع بعضها. أما إذا كان للمادة طبيعة شاردية فتكون الروابط عبارة عن قوى جذب كهربائية ساكنة.



كل شيء في هذا العالم موجود في إحدى حالات ثلاث رئيسية:

فهو إما غاز أو سائل أو صلب ويتعلق ذلك إلى درجة كبيرة بدرجة حرارة المادة والضغط الذي تتعرض له.

يبين الشكل انتقال ذرات المادة من الحالة الغازية (أقصى اليسار) إلى الحالة الصلبة (أقصى اليمين) مروراً بالحالة السائلة.



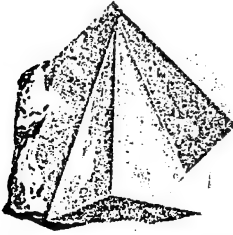
توجد ذرات أو جزيئات المواد في حركة دائمة. في الماء تشكل دائماً روابط عابرة (باللون الأزرق) تعطيه بنية مستمرة التغير.

الجزيئات ببعضها.

أخيراً تؤدي الحركة المستمرة للإلكترونات ضمن المجال الذري واهتزاز الذرات نفسها وما يرتبط بذلك من تغيرات مستمرة لأوضاع الإلكترونات والذرات، إلى ظهور ثنائيات أقطاب لحظية آتية سواء كان ذلك في الجسم الصلب أم في السوائل. تؤدي هذه الأقطاب اللحظية إلى جذب القطب المعاكس بالإشارة التابعة للجزيء المجاور مما يؤدي أيضاً إلى زيادة تراص هذه المادة الصلبة أو المسائلة.

### الحالة البلورية للمادة

معدن كان، نشاهد وبوضوح حدود



بلورات فلز الفلوريت Fluorite وهي على شكل مكعبات ثنائية. يتكون الفلوريت من الكالسيوم والفلور ويستخدم في صناعة الخلي.

إن لمعظم المواد الصلبة بُنى بلّورية بإمكان أي كان التأكد منها ببساطة متناهية عن طريق كسر هذه المادة والتمعن فيها. فإذا قمنا بكسر قطعة سكر أو كبريت أو أي



بلورات فلز الغالينا Galena مكعبة الشكل. يعتبر هذا الفلز من أهم مركبات الرصاص كما أنه يحتوي أيضاً على الكبريت وأحياناً على الفضة.



صغيرة لبلورات تلمع تحت الضوء وتتقاطع مع بعضها بزوايا مختلفة. وإذا كانت البلورات صغيرة جداً أمكن رؤيتها بواسطة المجهر الضوئي أو حتى العدسة المكبرة.

والدهش أن كل مادة تمتلك نوعاً محدداً من البلورات يميزها ومحدداً لخواصها فمثلاً كلور الصوديوم يتبلور على شكل مكعبات، بينما تأخذ بلورات نترات الصوديوم شكل المشور وهكذا دواليك...

يتم تصنيف البلورات التابعة للمواد المختلفة تبعاً لتناظرها. وتُنقسم وفقاً لذلك إلى سبعة صفوف رئيسية تُقسم بدورها تحت صفوف متعددة. ويدعى العلم الذي يُعنى بتصنيف البلورات بعلم البلورات .CRISTALLOGRAPHIE

في الطبيعة، وبعد تبريد المادة الصلبة البركانية من الشادر جداً أن تأخذ بلورات المادة

بلورات فلز الكوارتز Quartz ذات الشكل الهرمي المشوري. يتكون الكوارتز من السيليوم والأكسجين ويستعمل في صناعة اخللي كاحجار للزينة.

الشكل النظري المتوقع لها أن تأخذه بسبب نمو هذه البلورات في وقت واحد مع بعضها مما يخلق منافسة معينة على الفراغ وبالتالي كل بلورة تمنع جارتها من أخذها لأبعادها النظرية، وهذا ما يدعى بالتشوه أو التمسخ البلوري.

وهنا لا بد من الإشارة إلى أنه على الرغم من النمو المشوه سالف الذكر تبقى زوايا هذه البلورات ثابتة ودقيقة ومميزة تماماً لبلورات هذا النوع عن بلورات ذلك النوع. وقد سميت هذه الظاهرة بقانون ثبات الزوايا الحديثة.



عدسة المجهر الضوئي المسلطة على محلول يحتوي بلورات من الملح تكشف القباب عن تناسق الخزينات المكون منها

## السوائل les liquides

الغازات وبعضها الآخر مع المواد الصلبة حيث تتشابه السوائل مع الغازات من حيث التجانس والسيولة (الميوعة) وتتشابه مع

إن الحالة السائلة للمادة عبارة عن حالة انتقالية بين البنية البلورية الصلبة والبنية الغازية. فبعض صفات السوائل تتشابه مع



نأخذ نقطة الماء في طرق أنبوب زجاجي شكلها بفعل التوتر السطحي. ذلك أن التوتر السطحي يجذب الجزيئات الخارجية نحو مركز كتلة السائل، فيعطيها نوعاً من غشاوة تتخذ شكلاً كروياً يأتي مشوهاً لأن قوة الجاذبية تؤثر عليه أيضاً.

يوضح الشكل لحظة تلاقي قطرة صغيرة من الكحول مع قطرة كبيرة ملونة من الماء. ويظهر فيه واضحاً الغشاء السطحي الرقيق الذي يحيط بقطرة الماء والذي يعود في سببه إلى ظاهرة التوتر السطحي واللزوجة التي يتمتع بها الماء.

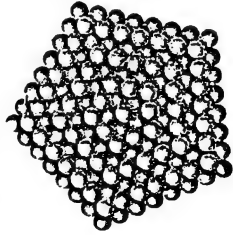
المواد الصلبة من حيث كثافتها وتراصها التركيبية المتلاصقة والمتجانسة. لصعوبة صنعها. لذا يمكن اعتبار المواد عديدة الشكل ومن خلال تطبيق الدراسات التحليلية البنيوية على السوائل، يتبين أنها تنتمي من حيث البنية إلى المواد عديدة الشكل ذات المواد ذات البنى البلورية.

### البنية الداخلية للبلورات

لم يتسنى للعلماء البدء بدراسة البنية الداخلية للبلورات حتى حلول عام ١٩١٢ عندما اكتُشفت طريقة التحليل بانحراف الأشعة. L'analyse par diffraction ومنذ ذلك الحين تمت دراسة بنية عشرات الآلاف من المواد العضوية واللاعضوية ذات الأهمية العلمية والتطبيقية. وقد حققت هذه الطريقة نجاحات باهرة في مجال علم الحياة بكشفها عن بنى بعض المواد الحيوية الهامة كالفيروسات وخضاب الدم

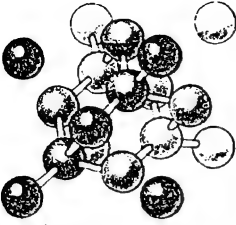


هناك أشكال كثيرة سداسية الأضلاع شبيهة بالبلورات في الطبيعة الحية وخاصة لدى الفيروسات.



تخرف الطبقات المنتظمة في البلورة رزمة الأشعة السنية المارة بها فتحدث رسماً معيناً. تغير هذه الرسوم تبعاً للمستويات المتابعة في شبكة ذرات البلورة التي تمر بها الأشعة السنية لذا تساعد التماثلات والأشكال المنتظمة في شبكة ذرات البلورة على تحديد هوية خلاياها.

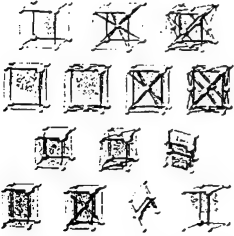
مثلاً: Haémoglobine.



وهكذا تبعاً لطبيعة المكونات الموجودة في زوايا الشبكة البلورية ولماهية القوى المسيطرة بين هذه المكونات في البلورة المدروسة، تمّ تمييز الشبكات عن بعضها وتصنيفها وتقسيمها إلى الشبكات البلورية الجزيئية والشاردية والمعدنية.

في زوايا الشبكات الجزيئية تتوضع الجزيئات التي ترتبط مع بعضها بالقوى بين الجزيئية سائفة الذكر. أما في زوايا الشبكات الذرية فنجد ذرات ترتبط مع بعضها بروابط تكافؤية.

في زوايا الشبكات الشاردية تقع الشوارد



تدعى مادة البناء الأولية من البلورة بالخلية. وقد تحتوي على ذرة واحدة كما في النحاس أو على مئات أو آلاف من الذرات المتسعة كما هي الحال في البروتينات المتبلورة. التنظيم والتماثل الدقيقان في البلورات يساعدان في تحديد هوياتها وتحليل بنيتها.



GRAPHITE

بنية شبكات ذرات الكربون ضمن بلورة العرافيت



البلورية المعدنية هناك ذرات المعادن التي تتحرك إلكتروناتها بحرية بشكل مشاعي فيما بينها.

إن المواد ذات الشبكات الذرية قليلة التواجد نسبياً في الطبيعة، كالماس والسيليوم وهي قاسية جداً. أما المواد ذات الشبكات الجزيئية فهي كثيرة جداً وأقل قساوة من سالفتها. وتضم الشبكات التشاردية في عدادها معظم الأملاح وبعض الأكاسيد وتعتبر أكثر قساوة من الشبكات الجزيئية وأقل قساوة من الشبكات الذرية. ولا بد من ذكر أن هناك مواد تنتمي شبكاتها لنوعين من الأنواع

سألغة الذكر. فشبكة الغرافيت Graphite تكون فيها ذرات الكربون مرتبطة مع بعضها بروابط تكافؤية ومعدنية في آن معاً (تبعاً للتوجه الغرافي). لذا فبالإمكان النظر لشبكات الغرافيت على أنها ذرية ومعدنية في الوقت نفسه.

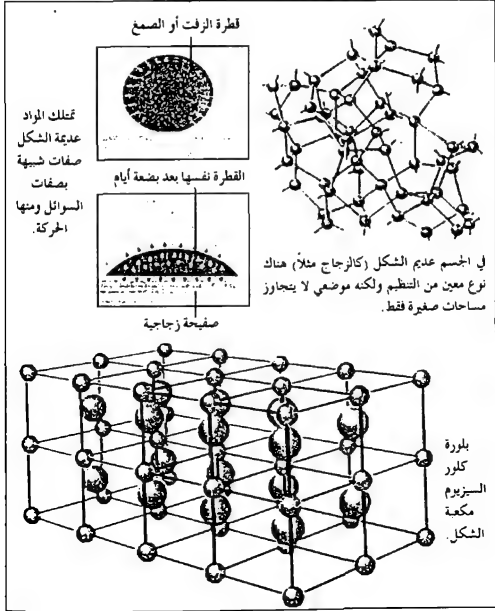
هناك معيار آخر هام لتصنيف الشبكات الداخلية للبلورات غير المعيار القائم على طبيعة المواد المكونة لها. هو معيار البنية، حيث تتميز كل بلورة بما يعرف بمصطلح الخلية الأولية وهي تعريفاً القسم الأصغر من البلورة الذي يمتلك كل الخصائص البنيوية للشبكة البلورية.

### المواد عديمة الشكل les amorphes

هناك مواد صلبة عديمة البلورات كالزجاج مثلاً الذي إذا كسرناه وجدنا أن مقطع الكسر فيه أملس متجانس عديم البنى البلورية. وإضافة إلى ذلك فهو يتميز بأنه محدود ليس بسطوح مستقيمة بل سطوح بيضوية الشكل.

ونفس هذه الظاهرة تلاحظ عند بعض المواد الأخرى كالراتنجات les résines والصمغ les glus. وهذه المواد على خلاف البلورات تمتلك خواص شبيهة بالسوائل. إذ إن الكثير منها وتحت التأثير الطويل للقوى الضعيفة نسبياً تغير أشكالها. فإذا وضعنا قطعة أو قطرة من الزفت مثلاً على صفحة زجاجية ضمن غرفة مرتفعة الحرارة نلاحظ بعد عدة أيام أن هذه القطعة تغير شكلها وتأخذ شكل

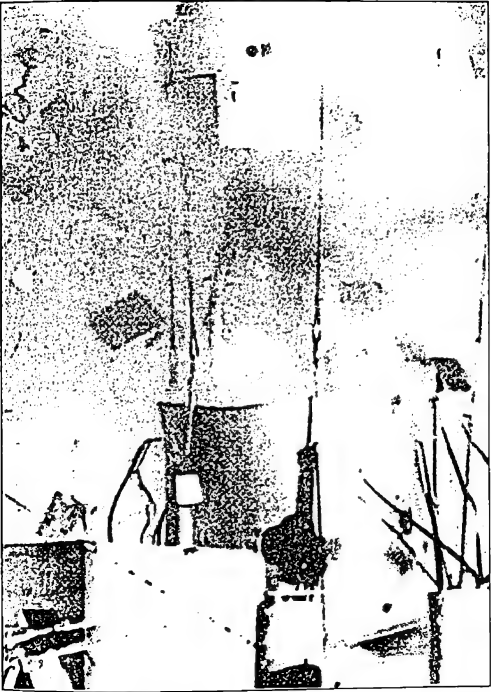
قطعة الزجاج. على شكل كوارتز وبشكل آخر عديم  
 هناك بعض المواد التي تتواجد بحالة البلورية.  
 البلورة واللاشكل معاً مثل ثاني أكسيد وهكذا فإن الانتقال بين البنية البلورية  
 السيليسيوم  $SiO_2$  الذي يوجد في الطبيعة والبنية عديمة الشكل ممكن أحياناً.



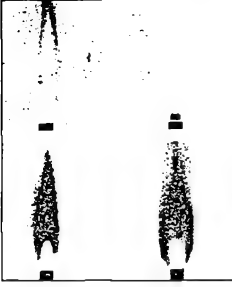
تسير التفاعلات الكيميائية دائماً معطية طاقة أو ماصة للطاقة. وكثيراً ما تكون هذه الطاقة الممتصة أو المعطاة للوسط الخارجي على شكل حرارة.

فالاحتراق واتحاد المعادن مع الكبريت أو الكلور أو تفاعل الحمض مع الأساس يترافق دائماً مع إطلاق كميات كبيرة من الطاقة. وعلى العكس من ذلك تتطلب تفاعلات تفكك كربونات الكالسيوم وتشكل أكسيد الأزوت انطلاقاً من الأزوت والأكسجين كمية من الطاقة الحرارية الخارجية كي تسير حيث تتوقف مثل هذه التفاعلات فور توقف الإمداد بهذه الطاقة الخارجية أي أنها بحاجة واضحة إلى

٢١  
ظمة الفصل الخامس عشر  
التفاعلات الكيميائية  
الطاقة



ما الانفجارات الكيميائية الا تفاعلات لحظية سريعة الحدوث، تؤدي لتحويل المادة المتفجرة الى غازات ممتدة وساخنة. بعد تعرض هذه المادة الى دفقة طاقة قوية تؤدي الى دخولها في التفاعل (المشعل أو الصاعق)، في الشكل صورة لانفجار مدخنة أحد المعامل القديمة جراء تفجير كعج فقط من مادة الترات.



يحترق غاز الإيثيلين  $\text{Éthylène}$  الصافي (أعلى وعين الشكل) والمشبوب (الصور الثلاث الباقية) ليعطي لها وضاء أثناء اتحادها مع أكسجين الجو. يترافق هذا التفاعل مع تحول جزء من طاقته الداخلية إلى حرارة تنتشر في الوسط المحيط.

إنناحية العملية.

وهكذا نقول إنه أثناء جريان التفاعلات الكيميائية يحدث تحول متبادل للطاقة الداخلية للمواد من جهة، مع الطاقة الحرارية والضوئية والكهربائية والميكانيكية من جهة أخرى. تُدعى التفاعلات التي تجري وتنشر الحرارة بالتفاعلات الناشئة للحرارة  $\text{Reactions exothermiques}$ .

أما التفاعلات التي تحتاج للحرارة كي تسير فتدعى بالتفاعلات الماصة للحرارة  $\text{Réactions endothermiques}$ .

أن هذه المواد كانت تمتلك أصلاً كمية معينة من الطاقة. ويُدعى هذا الشكل من الطاقة الخفية الموجودة في المواد والتي تنحدر أثناء التفاعلات الكيميائية وبعض الآليات الفيزيائية (أثناء ضغط الغاز لتحويله إلى سائل مثلاً) بالطاقة الداخلية الكامنة للمادة.

أثناء جريان التفاعلات الكيميائية يتحرر جزء من هذه الطاقة الداخلية. بالإمكان تقدير كميته من خلال قياس كمية الحرارة المنتشرة جراء التفاعل وهو ما يدعى بالآثر الحراري للتفاعل.

في بعض التفاعلات يُلاحظ إطلاق أو امتصاص طاقة على شكل ضوء. حيث تتحول الطاقة الداخلية الكامنة عادة إلى ضوء من خلال مرورها بمرحلة الحرارة. كانطلاق الضوء أثناء احتراق الفحم مثلاً الذي يُعتبر نتيجة لتأثر الفحم بحرارة التفاعل وليس العكس طبعاً لكن هناك حالات أخرى أقل شيوعاً تتحول فيها الطاقة الداخلية إلى ضوء دون المرور بمرحلة الحرارة تدعى باسم الضوء البارد أو التآلق. كما تعتبر حالات تحول الطاقة الداخلية إلى كهرباء من الحالات الهامة جداً من

## الكيمياء الحرارية Thermochimie

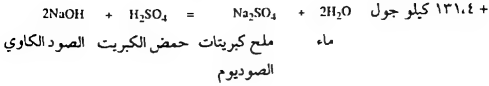


مزيج الحمض  
والأساس



تحرر حرارة مقدارها ٢٨٥،٨ كيلو جول. بالإمكان كتابة الآثار الحرارية للتفاعلات أثناء كتابة المعادلات الكيميائية. وتدعى المعادلات التي أُشير فيها إلى كمية الحرارة المستصة أو المحررة باسم المعادلات الكيميائية الحرارية *formules thermochimiques*. حيث يُكتب الأثر الحراري عادةً على الجانب الأيمن من المعادلة مع إشارة (+) في حالة كان التفاعل ناشراً للحرارة وإشارة (-) إذا كان التفاعل ماصاً للحرارة. وكمثال على ذلك نأخذ المعادلة الحرارية المعبرة عن تفاعل حمض مع أساس (معادلة التعديل) والتي تُكتب على الشكل:

إن التغيرات الطاقية المرافقة لسير التفاعلات الكيميائية تتمتع بأهمية عملية كبرى. وأحياناً تكون أكثر أهمية من التفاعل الكيميائي نفسه. وتأكيداً على هذا الطرح يكفي أن نتذكر احتراق الوقود بهدف التدفئة. انطلاقاً من هنا فإن الآثار الحرارية للتفاعلات الكيميائية تُدرّس بدقة ومنذ فترة طويلة جداً. ويُدعى قسم الكيمياء الذي يُعنى بدراسة هذه الآثار الحرارية أو الطاقية باسم علم الكيمياء الحرارية *Thermochimie*. من المعارف عليه، الرجوع دائماً بنتائج القياسات الحرارية الكيميائية - أو ما يدعى بالآثار الحرارية للتفاعلات - إلى مقدار مول واحد من المادة المتشكلة جراء التفاعل. وتدعى كمية الحرارة التي تنطلق أثناء تشكل مول واحد من ناتج التفاعل بطاقة التشكل لهذا الناتج. فمثلاً يستعمل تعبير «حرارة تشكل الماء تساوي ٢٨٥،٨ كيلو جول/مول»، للدلالة على أنه أثناء تشكل ١٨ غرام من الماء السائل انطلاقاً من ٢ غرام هيدروجين و١٦ غرام أكسجين



## الحسابات الحرارية الكيميائية

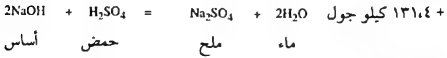
يعود المبدأ الأساسي الذي تقوم عليه كل الحسابات الكيميائية الحرارية إلى عام ١٨٤٠ م عندما وضع هيس Hess قانونه الشهير الذي ينص على ما يلي:

- إن الأثر الحراري للتفاعل يتعلق بالحالة الابتدائية والانتهاية للمادة فقط ولا يتعلق بالمراحل الوسيطة التي يمر بها.

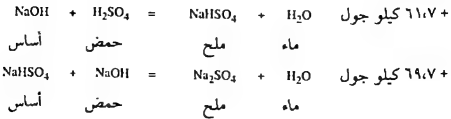
- The thermal effect of the reaction is related only to the initial and final state of the substance but not to its intermediate phases  
- L'effet thermique de la réaction dépend uniquement de la phase initiale et terminale de la matière, et ne dépend pas des phases intermédiaire qu'elle traverse.

ولنأخذ مثلاً يوضح قانون هيس بلغة الأرقام:

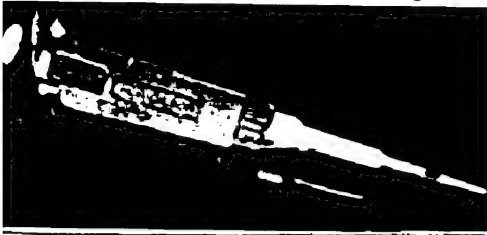
الطريقة الأولى:



الطريقة الثانية:



لاقاً من قانون هيس Hess فإن الأثر الحراري لمرحلتي التفاعل الثاني لوجدنا أن  
اري في كلتا الحالتين يجب أن يكون القيمة النهائية تساوي +١٣١،٤. أي نفس  
دأ. وفي واقع الأمر، إذا جمعنا الأثر قيمة الأثر الحراري للتفاعل الأول.



### سرعة التفاعل الكيميائي

تجري التفاعلات الكيميائية بسرعات مختلفة، فبعضها ينتهي لحظياً خلال أجزاء قليلة من الثانية، بينما يتطلب البعض الآخر دقائق أو ساعات أو أياماً وربما سنوات طويلة كي يُنجز. وفي الوقت نفسه، قد يحدث التفاعل بسرعة كبيرة في ظروف معينة وفي ظروف أخرى ببطء شديد. تتمتع سرعة التفاعل بأهمية كبرى من الناحية العلمية والعملية التطبيقية. ففي

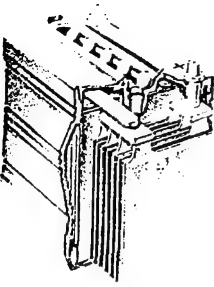
الصناعات الكيميائية مثلاً، تتعلق الإنتاج وأبعاد الأجهزة وكمية المواد المنتجة بسرعة التفاعل بشكل رئيسي.

أثناء دراسة سرعة التفاعل لا بد من التمييز بين التفاعل الذي يجري في جمل متجانس Systèmes Homogènes والتفاعل الذي يجري في جمل غير متجانس Systèmes Hétérogènes. والمقصود بالجمل المتجانس تلك الجمل التي تتألف من المواد الموجو

١٢٦

محصى Bioch على الخوية علمية وعموماً والكيمياء سوانا دقيق Micropipette يستعمل في مخابر الكيم  
وجه من المليلتر. جزء من الألف تصادقها حتى اخصوص. يسمح هذا المص بأخذ حجوم من السوا





تحتوي بطاريات السيارات ذات الـ ١٢ فولط على ٦ مراكسات كهربائية قوة كل منها ٢ فولط. تنفص فيها الأقطاب الكهربائية المعدنية (المهبط Cathode والمصعد Anode) لي حامض الكبريت الكثيف. التفاعل الكيميائي هنا يجرى بين المادة الصلبة (المعدن) والمادة السائلة (الحامض) ويؤدي إلى توليد الطاقة الكهربائية من الطاقة الكيميائية.

الجديدة - نواتج التفاعل. ومن الطبيعي جداً أن عدد التصادمات يكون كبيراً كلما كان تركيز كل مادة من المواد المتفاعلة الأولية كبيراً. الأمر الذي يُعبر عنه قانون غولدمبرغ كاتو (Guldberg Cato) (١٨٣٦ - ١٩٠٢م) الذي ينص على ما يلي:

في درجات الحرارة الثابتة والضغط الطبيعي تتناسب سرعة التفاعل طردياً مع تراكيز

في طور واحد أو حالة واحدة كالسوائل أو الغازات مثلاً. أما الجمل غير المتجانسة فهي الجمل المؤلفة من مواد موجودة بحالات مختلفة كالماء والجليد مثلاً، أو المعدن والهواء الرطب المحيط به.

من هنا نجد أن التفاعل يجري في الجمل المتجانسة في كل أنحاء هذه الجمل بينما يجري التفاعل في الجمل غير المتجانسة على سطوح التماس بين الجمل فقط.

من العوامل الهامة جداً التي تؤثر على سرعة التفاعل، هناك طبيعة المواد المتفاعلة وتركيزها والحرارة ووجود أو عدم وجود مواد محفزة Catalyseurs في وسط التفاعل. ١ - علاقة سرعة التفاعل مع تركيز المواد المتفاعلة:

تلعب تراكيز المواد المتفاعلة دوراً هاماً جداً في عملية التفاعل. لأن المواد المتفاعلة (ذرات، جزيئات) كي تتفاعل مع بعضها، لا بد لها من أن تصادم مع بعضها بشكل متبادل. أي لا بد من أن تقترب من بعضها إلى حد يكفي لكي تخضع ذرات إحداها لأثار الحقول الكهربائية المحيطة بالذرات الأخرى. وعندها فقط يصبح ممكناً انتقال الإلكترونات وإعادة ترتيب الذرات. الأمر الذي يؤدي إلى تشكل جزيئات المواد

تجري بين الجزيئات في الغازات والسوائل لوجدنا أن عدد هذه التصادمات كبير جداً في الشروط الطبيعية. مما يعني أن كل التفاعلات لا بد وأن تجري لحظياً وبشكل سريع. إلا أن الواقع غير ذلك تماماً، فليست كل التفاعلات سريعة، لا بل إن بعضها غير قابل للجريان. وبالإمكان تفسير هذا التناقض الظاهري إذا افترضنا أن ليس كل التصادمات الجزيئية بين المواد المتفاعلة تؤدي إلى تشكيل ناتج التفاعل. فالتفاعل كي يحدث، أي كي تتشكل جزيئات جديدة، لا بد أولاً من قطع أو إضعاف الروابط بين الذرات الموجودة في

المواد الداخلة في التفاعل.

- At fixed temperatures and normal pressure, the velocity of reaction is proportional to the concentrations of the reacting substances.

- Dans des températures fixes et sous pression normale, la vitesse de la réaction est directement proportionnelle aux concentrations de de ses matières.

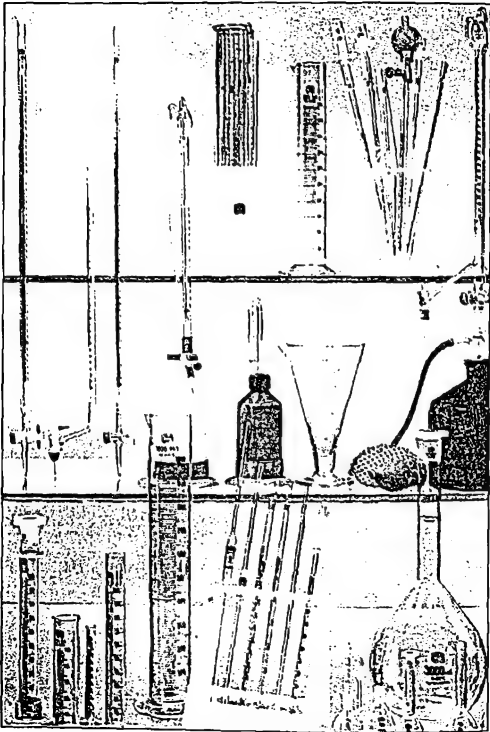
ولحساب سرعات التفاعل وعلاقتها مع التراكيز يلجأ دائماً إلى المعادلات الرياضية وحساب معامل حسابي معين يدعى بمعامل التركيز.

٢ - علاقة سرعة التفاعل مع درجة الحرارة وطبيعة المواد المتفاعلة:

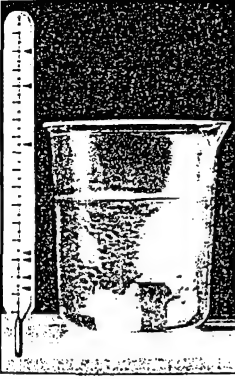
إذا حاولنا حساب عدد التصادمات التي



إن سرعة التفاعل في الوعاء الأيسر أعلى منها في الوعاء الأيمن. إذا كانت درجة الحرارة والضغط المحيط بالوعائين واحدة. علماً بأن نفس التفاعل يجري في كل من الوعائين.



بعض الأدوات المخبرية المقاومة للحرارة المستعملة في مخابر الكيمياء لقياس أحجام السوائل بدقة.



بالامكان زيادة سرعة التفاعل مخبرياً في الأوساط المائية برفع درجة حرارة وسط التفاعل وتحريكه على جهاز خاص بذلك يقوم بتحريك السائل مغناطيسياً وتسخينه كهربائياً.

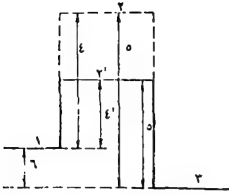
جزيئات المواد المتفاعلة سوف يُنتُج بحصول التفاعل وأن سرعة التفاعل سوف تكون كبيرة، كما يحدث عند التفاعلات الشاردية في المحاليل المائية. أما في الحالة المعاكسة، أي إذا كانت طاقة التفعيل كبيرة جداً فإن هذا يعني أن مقداراً ضئيلاً جداً من التصادمات سوف يؤدي لحدوث التفاعل الكيميائي. وبالتالي سوف تكون سرعة التفاعل بطيئة جداً.

جزيئات المواد الأولية، الأمر الذي يستوجب صرف مقدار معين من الطاقة. وإذا لم تمتلك المواد المتصادمة فيما بينها هذا المقدار من الطاقة، فإن التصادمات فيما بينها ستكون عديمة الجدوى ولن تؤدي إلى تشكل نواتج التفاعل. أما في الحالة المعاكسة، أي إذا كانت الطاقة الحركية التصادمية للجزيئات كافية لإضعاف أو قطع الروابط، فإن التفاعل سوف يتم وسوف تشكل نواتج التفاعل.

تدعى الطاقة الإضافية التي يتوجب على الجزيئات أن تمتلكها كي تؤدي التصادمات التي تقوم بها إلى تكون مواد جديدة بطاقة التفعيل *Energies d'activation* وهي تُقاس بالكيلو جول/مول. ومع ازدياد درجة الحرارة يزداد عدد الجزيئات المفعله في المادة مما يؤدي إلى زيادة سرعة التفاعل.

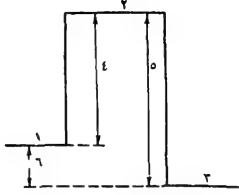
إن طاقة تفعيل التفاعلات المختلفة، مختلفة هي أيضاً. وتعلق بالدرجة الأولى بطبيعة المواد المتفاعلة وتأثيرها هي الأخرى على سرعة التفاعل. بالنسبة لبعض التفاعلات تكون طاقة التفعيل صغيرة، وبعضها الآخر كبيرة.

إذا كانت طاقة التفعيل صغيرة جداً، فإن هذا يعني أن عدداً كبيراً من التصادمات بين



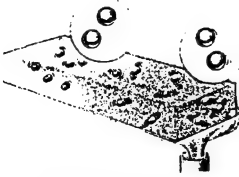
المخطط الطاقي للتفاعل

- ١ - المواد الأولية، ٢ - المعقد المُفعَّل (النَّشْط).
- ٣ - نواتج التفاعل، ٤ - طاقة تفعيل التفاعل المباشر
- ٥ - طاقة تفعيل التفاعل العكوس، ٦ - الأثر الحراري للتفاعل.



عند تسخين قضيب الحديد تزداد حركة وتصادمات ذراته وتصبح أكثر مقدرة على الدخول في التفاعلات الكيميائية.

### التحفيز (الوساطة) Catalyse



المخطط الطاقي للتفاعل بوجود المحفز

- ١ - المواد الأولية، ٢ - المعقد المُفعَّل (النَّشْط) بدون محفز، ٣ - المعقد المُفعَّل (النَّشْط) بوجود المحفز، ٤ - نواتج التفاعل، ٥ - طاقة تفعيل التفاعل المباشر بدون محفز، ٦ - طاقة تفعيل التفاعل العكوس بدون محفز، ٧ - طاقة تفعيل التفاعل العكوس بوجود محفز، ٨ - الأثر الحراري للتفاعل.

المواد التي لا تُستهلك أثناء جريان التفاعل الكيميائي لكنها تؤثر على سرعته تدعى بالمواد المحفزة Catalyseurs. وتُدعى ظاهرة تغير سرعة التفاعل تحت تأثير مثل هذه المواد بظاهرة التحفيز Catalyse. أما التفاعلات التي تتم تحت تأثير هذه المواد المحفزة فتدعى بالتفاعلات المحفزة Réactions Catalytiques. ويُفسَّر أثر هذه المواد المحفزة بأنها تقوم عادة بخفض طاقة التفعيل اللازمة لحدوث التفاعل الكيميائي.

وبوجود هذه المحفزات يجري التفاعل عبر مراحل وسيطة مخالفة للمراحل

التي يجري بها بدون وجود هذه المحفزات. حدوث التفاعلات لأكثر من مليون مرة في بعض الحالات. كما هو الحال في تصنيع النشادر وأكسدته لصنع حمض الأزوت الكثيف. تستخدم المحفزات Catalyseurs في الصناعة الكيميائية بكثرة لأنها تسرع من

### التفاعلات العكوسة واللاعكوسة والتوازن الكيميائي



وفقاً لمبدأ الفعل ورد الفعل. يقوم هذا الصاروخ جراء تفاعل الوقود الذي يحتويه مع الأكسجين الجوي باطراح كميات كبيرة جداً من الغاز الساخن باتجاه الأسفل مما يؤدي الى دفعه مع ما يحمله (المحرك الفضائي) باتجاه الأعلى مُخترقاً بذلك محال الجاذبية الأرضية.

تقسم كل التفاعلات الكيميائية إلى تفاعلات عكوسة وأخرى لاعكوسة. والمقصود بالتفاعلات اللاعكوسة تلك التفاعلات التي تجري حتى نهايتها أي حتى انتهاء إحدى المواد الأولية الداخلة في التفاعل. أما التفاعلات العكوسة فهي تلك التفاعلات التي لا تجري حتى نهايتها ولا ينتهي أي من المواد الداخلة فيها. ويُفسَّر ذلك بأن التفاعلات اللاعكوسة لا تسير إلا باتجاه واحد فقط، أما العكوسة فتسير باتجاهين. أي باتجاه النواتج والمواد الأولية الداخلة في التفاعل. أما التوازن الكيميائي فهو توازن حركي، يجري خلاله التفاعل في كلا الاتجاهين وبسرعات متساوية تماماً. وتبعاً لذلك لا يلاحظ أي تغير في حالة المواد المتفاعلة والمواد الناتجة عن التفاعل.

الباب الثالث  
الكيمياء اللاعضوية  
(العدنية)

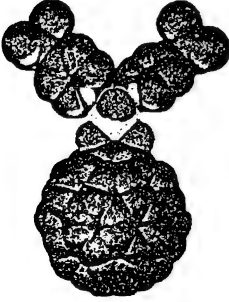




## موضوع الكيمياء اللاعضوية

مقدمة:

كمواد إنشائية في كل فروع الصناعة والبناء، والطاقة والزراعة والتصيلة والنقل. بما في ذلك التقنيات الفضائية (معدن - خلائط .. سبائك - زجاج - سيراميك). كما ساهمت المركبات اللاعضوية مع البوليميرات les polymères (المكثورات) اللاعضوية في تأسيس مبادئ اصطلاح مجموعة كاملة من المواد التركيبية الجديدة تماماً.



أول صورة للجزيء K - 60 المشتق من الغرافيت Graphite وهو من الخزفيات الجديدة التي أسفرت عنها الأبحاث العميقة في مجال الكيمياء اللاعضوية. يدور هذا الجزيء، بسرعة حول نفسه ويتوقف دورانه بواسطة الألمنيوم (الذرات ذات اللون الأصفر).

يقوم هذا الفرع من الكيمياء بدراسة العناصر الكيميائية والمركبات التي تشارك تركيبها بعد استثناء معظم مركبات عنصر الكربون التي تدرس بالتفصيل في قسم خاص بها يدعى بالكيمياء العضوية Chimie organique. إن تاريخ الكيمياء اللاعضوية مرتبط بشدة مع التاريخ العام للكيمياء. وقد توجه الاهتمام منذ العشرينات من قرننا العشرين هذا، أي بعد اكتشاف كل العناصر الثابتة، إلى كشف بنية وطبيعة المركبات والروابط الكيميائية مما أدى إلى اصطلاح صفوف جديدة من المركبات اللاعضوية كمركبات السغازات السادرة - الحاملة - (١٩٦٢) والمركبات المشتقة من الغرافيت وسوى ذلك من المركبات الجديدة.

تتلخص الأهداف الرئيسية الكامنة خلف دراسة الكيمياء اللاعضوية بمعرفة بنية المركبات اللاعضوية والكشف عن العلاقة القائمة بين بنية هذه المركبات والصفات والتفاعلات التي تتميز بها، واستنباط طرق جديدة لاصطناع وتركيب وتنقية المواد المختلفة.

تستخدم المركبات اللاعضوية بشكل واسع

## تصنيف العناصر الكيميائية

تُقسم كل العناصر الكيميائية تقليدياً إلى معادن ولا معادن (أحياناً تدعى فلزات ولا فلزات). وهناك حدود وهمية نظرية اصطلاحية تفصل بين المعادن واللامعادن في الجدول الدوري. فإذا رسمنا خطأً يصل بين عنصر البور وعنصر الاسترنتين لكأنت المعادن من جهة اليسار واللامعادن من جهة اليمين. أما عن العناصر التي تقع على الحدود الفاصلة مباشرة (كألجرمانيوم مثلاً) فهي تحتل مواقع وسطية وتظهر صفات المعادن واللامعادن في آن معاً. إن المعادن هي العناصر الموجبة كهربائياً، القادرة على إعطاء إلكترونات بسهولة والتحول إلى شوارد موجبة في المحاليل. أما اللامعادن فهي العناصر السالبة كهربائياً القادرة على التقاط الإلكترونات بسهولة نية وتشكيل الشوارد السالبة. من هنا نقول إن اللامعادن هي عناصر المجموعات الثانوية الكبيرة أي الغازات النادرة والهالوجينات والكبريت والسيلينيوم والازوت والفوسفور والزرنيخ والكربون والسيليسيوم (السيليكون) والأكسجين والبور والهيدروجين. أما باقي العناصر فكلها

The image shows a standard periodic table of elements. The elements are arranged in rows and columns. The table is color-coded: metals are in light blue, non-metals are in light green, and metalloids are in light yellow. The elements are labeled with their chemical symbols and names in Arabic. The table includes the lanthanide and actinide series at the bottom.

جدول مندليف الدوري الطويل. وتظهر عليه المعادن باللون الأبيض أما اللامعادن فتظهر باللون الأحمر.

## الكيمياء اللاعضوية

معادن. وعناصر المجموعات الكبيرة III - VII  
 هناك تصنيف آخر للعناصر الكيميائية بالعناصر <sup>٢</sup>. أما عناصر المجموعات  
 ينطلق من البنية الإلكترونية لذرات الصغيرة عدا اللانثانويدات فتدعى  
 العناصر. واستناداً عليه، تدعى عناصر بالعناصر <sup>٤</sup> وتُدعى اللانثانويدات  
 المجموعات الكبيرة I و II بالعناصر S والعناصر f.

الشكل احدث (الجدول الدوري الطويل) من جدول مندليف المكشف في عام ١٨٦٩.

### تصنيف المركبات اللاعضوية

إن المركبات اللاعضوية. مركبات معقدة، وفقاً لوظائفها. فمن حيث البنية. هناك المواد  
 يشترك في تركيبها كل العناصر الكيميائية الثنائية (يدخل في تركيبها عنصران فقط) مثل  
 (باستثناء مركبات الكربون). وفي الوقت الراهن الأكسيدات والهالوجينات والنيتريدات...  
 هناك حوالي ٣٠٠ ألف مركب لا عضوي والعناصر التي يدخل في تركيبها أكثر من  
 معروف تدخل جميعها في تركيب بنية الفشرة عتصرين اثنين كالهيدروكسيدات وأميدات  
 الأرضية والغطائين المائي والغازي للأرض. المعادن... إلخ. أما من حيث الوظيفة. فهناك  
 تُصنّف المركبات اللاعضوية وفقاً لبنيتها أو الأكسيدات والهيدروكسيدات والحموض

والأملاح... إلخ وتتملك بعض المواد المركبة الشب Alum التي من أشهرها شب الألمنيوم أسماء خاصة بها كمجموعات. مثل مركبات والبوتاسيوم وشب الكروم والبوتاسيوم.

## الماء

الماء، مادة منتشرة بشكل واسع للغاية على أكثر عندما نعرف أن حوالي  $\frac{3}{4}$  مساحة سطح الكرة الأرضية. ويتضح هذا الواقع القشرة الخارجية لكونها مغطاة بالماء على



شكل محيطات وبحار وأنهار وبحيرات. كما أن الكثير من الماء يتواجد على شكل بخار في الجو وجليد وثلج في قمم الجبال وفي القطبين الشمالي والجنوبي. أما في جوف الأرض فهناك ملايين الأمطار المكعبة من المياه الجوفية التي تُغذي التربة والنباتات الجبلية.

لا يتواجد الماء في الطبيعة بشكل نقي صافٍ، بل بشكل مشوب بالعديد من المواد والعناصر. والماء الأكثر نقاوة في الطبيعة هو

ماء المطر الذي لا يحتوي إلا على آثار زهيدة من الشوائب المختلفة الملتصقة أثناء رحلته في الجو قبل أن يستقر على أديم الأرض. إن كمية الشوائب الموجودة في المياه العذبة تقع عادة بين ٠.٠١ و ٠.١٪ (كتلة) أما المياه المالحة في البحار فتحتوي حوالي ٣ - ٥٪ من كتلتها شوائب تتألف بشكل رئيسي من الكلور والصوديوم.

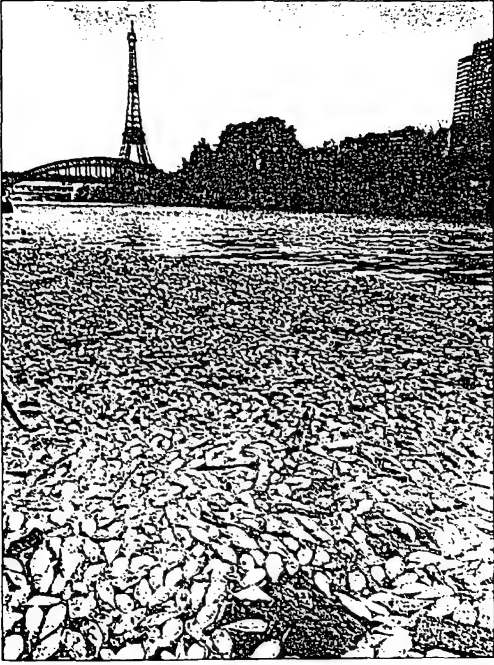
للماء أهمية أكبر وأوضح من أن توصف بالنسبة لحياة الكائنات الحية النباتية والحيوانية والإنسان. ووفقاً لأحدث المعطيات فإن نشوء الحياة نفسها كان مرتبطاً إلى حد بعيد بالماء والبحار. ويعتبر الماء بالنسبة لكل الكائنات الحية بدون أي استثناء الوسط الذي تجري به كل التفاعلات والعمليات الكيميائية التي تؤمن استمرار

حياة هذه العضويات. إضافة إلى ذلك فإنه، أي الماء، يشارك أحياناً وبشكل مباشر في بعض التفاعلات الكيميائية. لذا فمن المهم والضروري للغاية حماية مصادر المياه العذبة من التلوث - سمة القرن العشرين. لأن ازدياد عدد سكان الأرض الانفجاري لا يتزامن مع ازدياد مماثل في مصادر المياه التي كانت وما زالت وستبقى هي نفسها منذ ملايين السنين.

#### - الصفات الفيزيائية للماء

الماء النقي الصافي عبارة عن سائل شفاف عديم اللون تزداد كثافته - على العكس من كل السوائل الأخرى - عند الانتقال من الحالة الصلبة (الجليد) إلى الحالة السائلة (الماء السائل) حيث تزداد كثافة الماء من الصفر المئوي (درجة التجمد) إلى الأربع درجات مئوية، الدرجة التي تكون عندها الكثافة أعظمية. وانطلاقاً من هذه الدرجة باتجاه الدرجات الأعلى تأخذ الكثافة بالانخفاض وصولاً إلى ١٠٠ مئوية - درجة الغليان والتحول إلى بخار (الحالة الغازية).

ترى ما الذي يحصل لو تغيرت كثافة الماء كما تتغير كثافة الغالبية العظمى من السوائل الأخرى؟ الذي يحدث وبساطة هو كارثة



في العام ١٩٨٣ كشفت إحدى الوثائق الرسمية السرية عن أن أكثر من ١٠١ معمل ومنشأة صناعية تضع مخلفاتها السامة في مياه الأنهار السطحية الجارية في المنطقة الباريسية (السين la Seine والمارن Marne واللوار l'Oise). مما أدى إلى تلوث هذه المياه بشكل مأساوي. وقد اتخذت منذ ذلك الحين إجراءات صارمة دُعيت باسم «حزام الأمان» لمنع تكرار ذلك.

ذات أبعاد عالمية تقضي على كثير من أنواع الحياة على الأرض والسبب في ذلك هو، أنه إذا كانت كثافة الماء تتغير كما تتغير كثافات السوائل الأخرى ولدى انخفاض درجة حرارة الماء السطحي شتاءً في العديد من المسطحات المائية في العالم (بحار - أنهار - بحيرات) إلى درجة الصفر. سوف تتجمد هذه الطبقات السطحية وستنزل إلى القاع. مفسحة المجال للطبقة الدافئة التي تحتها أن تبرد هي الأخرى حتى درجة الصفر لتتجمد بعدئذ بدورها إلى القاع. وهكذا دواليك إلى أن يتجمد الماء كلياً من السطح وصولاً إلى القاع، الأمر الذي يعني القضاء على معظم أشكال الحياة في هذه المسطحات المائية.

إلا أنه لحسن الحظ ونظراً لأن كثافة الماء العظمى هي عند درجة أربعة مئوية. فإن تبادل الطبقات آتف الذكر لا يحدث بل يتوقف عند حد معين. الماء ذو الكثافة الأقل يطفو إلى الأعلى ويتجمد حامياً بذلك الطبقات التي تقع تحته من التبريد والتجمد. وهكذا نجد في عمق الأنهار المتجمدة شتاءً والبحار المتجمدة في القطبين الشمالي والجنوبي كل أنواع الحياة السمكية المألوفة حية تمارس حياتها بالشكل الذي اعتادت عليه.



تقى الكتلة الجليدية على السطح حامية بذلك الطبقات السفلى الدافئة نسبياً من التحول إلى الحالة الصلبة.



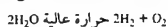
كثافة الجليد أقل من كثافة الماء السائل وبالإمكان  
تجميد ذلك لي المنزل من خلال طفو مكعب الثلج  
لي كوب الماء.

وتدعى هذه العملية بالتحلل الحراري للماء.  
الماء جزيء قَعَال للغاية، يؤدي اتحاد مع  
العديد من أكسيدات المعادن واللامعادن إلى  
تشكل الحموض والأسس. كما أنه يتصف  
بصفات تحفيزية، إذ في غياب الأتار الخفيفة  
جداً من الماء لا يجري الكثير من التفاعلات  
التي اعتدنا على حدوثها مثل تفاعل  
الكلور مع المعادن وتأكسد الصوديوم في  
الهواء المحيط به.

من صفات الماء الأخرى الفيزيائية المثيرة  
للإعجاب والدهشة، والمهمة للغاية بالنسبة  
للطبيعة ما يُدعى بطيف التحمل الحراري  
الكبير. فالماء يتبرد ببطء شديد أيضاً في  
النهار ولدى الانتقال من الشتاء إلى  
الصيف. الأمر الذي يؤهله لأن يلعب دور  
منظم حراري هائل الحجم على صعيد  
الكرة الأرضية ككل.

#### ـ الصفات الكيميائية للماء

تتميز جزيئات الماء بمقاومة الحرارة. فهي لا  
تتفكك عند تعرضها لدرجات مرتفعة منها  
ولا تبدأ بذلك إلا عند وصول درجة  
الحرارة إلى ما فوق الـ ١٠٠٠ درجة مئوية  
حيث يبدأ بخار الماء بالتحلل إلى عناصره  
الأولية المشكلة له، أي إلى الأكسجين  
والهيدروجين وفقاً للتفاعل البسيط التالي:



شكل تخطيطي يمثل جزيء الماء مثلث السطوح  
المتساوي الأضلاع تقريباً. الزوايا بين الروابط  
التكافؤية H - O - H تساوي ١٠٤، ٢٧°.



## الماء الثقيل

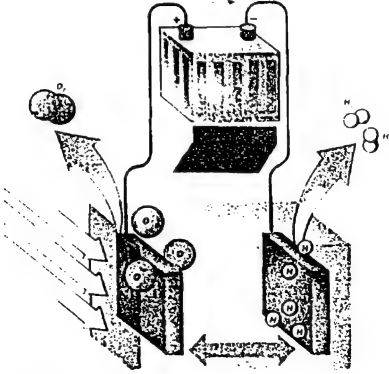
بينما تقاوم جزيئات الماء الثقيل هذه العملية

مما يؤدي إلى ارتفاع محتوى الماء من الماء الثقيل  $D_2O$ . وقد أمكن في عام ١٩٣٣ بواسطة هذه الطريقة الحصول لأول مرة على كمية معينة من الماء الثقيل النقي تماماً الذي حصل على اسمه هذا يومذاك.

يختلف الماء الثقيل عن الماء العادي. فقوته التفاعلية أقل بكثير وهو يستخدم بشكل رئيسي لإبطاء التروونات في المفاعلات النووية.

يحتوي الماء العادي وفي الشروط الطبيعية على كمية زهيدة مما يُدعى بالماء الثقيل  $D_2O$  وهو الماء الذي يدخل في تركيبه النظير الثقيل للهيدروجين  $H$  المسمى بالديتيريوم Deuterium (من الكلمة اليونانية «Deuteros» وتعني الثاني).

أثناء التحليل الكهربائي طويل الأمد للماء تتعرض جزيئات الماء العادي فقط للتحلل والتحول إلى الهيدروجين والأكسجين



طريقة جديدة لتحليل الماء والحصول على الماء الثقيل تعتمد على الضوء والكهرباء في الوقت نفسه.

الإلكترودات الكهربائية مصنوعة من السليسيوم. وبالإمكان طعاً جمع غازي الهيدروجين والأكسجين إضافة إلى الماء الثقيل في الوعاء الكبير.



# اللامعادن

## الهيدروجين Hydrogenium

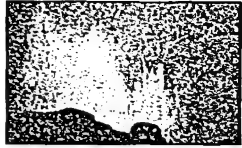
|        |               |
|--------|---------------|
| II     | الرمز         |
| 1      | العدد الذري   |
| 1.0079 | الكتلة الذرية |
| 21.0   | نقطة التميع   |
| 252.8  | نقطة الغليان  |

اكتُشفَ الهيدروجين لأول مرة في النصف الأول من القرن السادس عشر على يد العالم السويسري باراسيلس Paracelse وبقي الأمر كذلك دون أي تجديد حتى أيام كافنديش Cavendish ولافوازيه Lavoisier حيث قام العالم الانكليزي كافنديش Cavendish في عام 1776 بتحديد الصفات التي تميز هذا الغاز عن غيره. أما لافوازيه Lavoisier فاستخلص الهيدروجين من الماء واكتشف بأن الماء عبارة عن اتحاد الهيدروجين كيميائياً مع غاز الأكسجين (1783). للهيدروجين ثلاث نظائر هي البروتسيوم Protium  $H^1$  والديتيريوم Deuterium أو  $D$  والتريتيوم Tritium أو  $H^3$

T. البروتيوم والديتيريوم ثابتان ومستقران أما التريتيوم فهو عنصر مشع وغير مستقر (عمر النصف 12.5 سنة). يوجد البروتيوم والديتيريوم بنسبة 1 إلى 6800 من حيث عدد الذرات، أما التريتيوم

فيكون نادر للغاية في الطبيعة.

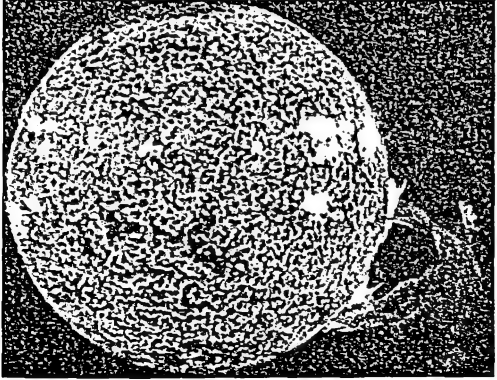
تحتوي نواة الهيدروجين H بروتون واحد، أما نواة الديتريوم والتريتيوم فتحتويان إضافة لبروتون على نيترون واحد ونيترونين تبعاً.



يستفسق الهيدروجين الحُر مع غيره من الغازات كالأزوت مثلاً، الاندفاعات التركيبية يمثل الرسم المقابل ثورة أحد التركيبين الموحدة في حوض هاواي والمدعو كينويو KILAWEA.

الهيدروجين في الطبيعة

يصادف الهيدروجين الحُر على الأرض بكميات قليلة للغاية وأحياناً يتطابق مع غيره



صورة لنجم شمسي هائل منبثقة من قل محرق الفضاء NASA - Skylab في العام ١٩٧٣ ما هذا النجم الشمسي إلا نتيجة لكم هائل من التفاعلات الاندماجية وانطلاق الطاقة بكميات عظيمة. علماً بأن الكثير من المعومات المتعلقة بمثل هذه الانفجارات الهائلة أو العواصف النسبية ما زالت مجهولة حتى الآن.

قطر الشمس يساوي ١.٤٠٠.٠٠٠ كم أي ١٠٩ مرات أكبر من قطر الأرض.

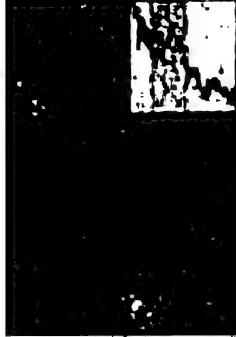
من الغازات أثناء الشورات البركانية  
اندفاعات الآبار النفطية.

لا أن هذا العنصر منتشر بشكل واسع  
غاية على شكل المركبات والمواد التي  
مدخل في بنيتها. ويبدو هذا الأمر  
اضحاً، إذا تذكرنا أنه يؤلف ١/٩ من  
تلة الماء الجزيء الأوسع انتشاراً على  
أرض... ويدخل في تركيب كل  
نباتات والحيوانات والنفط والفحم  
حجري والغاز الطبيعي وعدد كبير من  
نلزات.

الفضاء الخارجي يعتبر الهيدروجين  
عنصر الأكثر انتشاراً، كونه يتواجد في  
ضباب الغازي الفضائي والغازات  
كونية. كما أنه يدخل في تركيب النجوم  
فسها كالشمس مثلاً التي يؤلف  
يتم الحصول على الهيدروجين صناعياً  
من الغاز الطبيعي الذي يتألف بشكل  
رئيسي من الميثان Methane وذلك من  
خلال عملية خلطه أو مزجه مع بخار الماء  
والأكسجين والتسخين حتى ٨٠٠ - ١٠٠  
درجة مئوية.

أما في المختبر فيتم الحصول على  
الهيدروجين من خلال التحليل الكهربائي  
محلول N:OH و KOH المائية.

٨٤  
عضوية



الهيدروجين نصف كتلتها.

أما في باطن النجوم فتجري دائماً عملية  
تحول نوى ذرات الهيدروجين إلى نوى  
ذرات الهيليوم، الأمر الذي يترافق مع  
إطلاق كميات كبيرة جداً من الطاقة  
ولتحليل مقدار الحجم الهائل لهذا التفاعل  
الاندماجي يكفي أن نقول إن الشمس تفقد  
من كتلتها في كل ثانية واحدة حوالي ٤  
مليون طن على شكل طاقة جراء حصول  
مثل هذه التفاعلات.

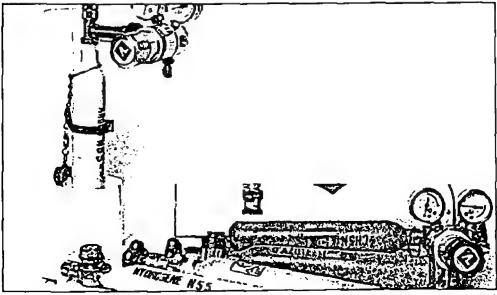
يشكل الهيدروجين العنصر الرئيسي في الفضاء ما بين  
النجوم. ويوضح الخط الثاني الموحّد أعلى ويمر  
الصورة العلاقة القائمة ما بين العدد الذري لعنصر  
الجدول الدوري (محور السينات) وتوافر العناصر  
في الفضاء (محور العيّنات). ويبدو واضحاً أنه

- صفات الهيدروجين الفيزيائية

الهيدروجين غاز عديم اللون والرائحة، يمتص عند تبريده إلى ٢٤٠ درجة مئوية ويتحول إلى الحالة السائلة. أما درجة غليانه فهي - ٢٥٢,٨. وإذا تم تبخير هذا السائل بشكل مفاجئ يتحول إلى الحالة الصلبة التي تأخذ شكل بلورات شفافة تبدأ بالتشكل عند درجة حرارة - ٢٥٩,٢ مئوية. غاز الهيدروجين أخف الغازات جميعاً (١٤,٥ مرة أخف من الهواء) لذلك نراه يستخدم في ملء البوالين الهوائية الطائرة. كما كان يستعمل سابقاً لملء المناطيد الهوائية العملاقة على الرغم من خطر التعرض لانفجاره في الهواء.

- صفات الهيدروجين الكيميائية

تتبع كل الخصائص الكيميائية التي يتميز بها الهيدروجين من قابلية ذراته على إعطاء الإلكترون الوحيد الذي تملكه والتحول إلى شوارد موجبة الشحنة. إلا أن ذرة الهيدروجين قادرة ليس فقط على إعطاء إلكترونها بل على أخذ الإلكترون أيضاً تحت ظروف معينة متحولة بذلك إلى شاردة سالبة الشحنة محاطة بالإلكترونين مشابهة لذرة الهيليوم (لها نفس الغطاء الإلكتروني). وبما أن الهيدروجين قادر على إعطاء وأخذ إلكترون فهو مشابه لعناصر معادن المجموعة الأولى من الجدول الدوري ولا معادن المجموعة السابعة. وهو



يُنشَل الهيدروجين وغيره من الغازات النقية الأخرى تحت ضغط عالٍ في أسطوانات فولاذية قوية مجهزة حصيصاً لذلك.

الهيدروجين مع الأكسجين حتى ولو ترك المزيج لسنوات طويلة. إذ أن هذا التفاعل لا يجري إلا عند درجة حرارة ٥٠٠ مئوية وما فوق وإذا كان الهدف هو الوصول إلى الانفجار المذكور أعلاه فلا بد من تسخين المزيج ولو في نقطة واحدة منه لدرجة ٧٠٠ مئوية.

– فوق أكسيد الهيدروجين  $H_2O_2$

إن فوق أكسيد الهيدروجين عبارة عن سائل لزج عديم اللون يتصلب عند درجة حرارة -٠,٤٨ مئوية. وهو غير ثابت يتشكل بسرعة إلى الماء والأكسجين محدثاً ومطلقاً كمية كبيرة من الحرارة. ونظراً للمصفات التأكسدية التي يتمتع بها نافع

يوضع أحياناً في جهة اليسار مع المجموعة الأولى وأحياناً فوق المجموعة السابعة في الجهة اليمنى.

عند حرق حجمين من غاز الهيدروجين مع حجم واحد من غاز الأكسجين، يحدث الاتحاد الكيميائي بشكل لحظي وسريع على كل مدى المزيج مع حدوث انفجار قوي مما أدى إلى تسمية هذا المزيج بالغاز المتفجر، وقد تصل حرارة شعلة الهيدروجين إلى درجة عالية جداً (حوالي ٢٨٠٠ درجة مئوية). لذا تستعمل هذه الشعلة الهيدروجينية مع الأكسجين لصهر وقطع المعادن.

عند درجة الحرارة المنخفضة لا يتفاعل



لن فوق أكسيد الهيدروجين فائدته في عالم الفن أيضاً. فهو يستعمل بهدف تجديد اللوحات الزيتية القديمة التي تكون قد اسودت ألوانها نظراً لتحول الألوان الرصاصية إلى كبريت الرصاص القائم اللون تحت تأثير الهواء المحيط وما يحتويه من آثار زهيدة من غاز كبريت الهيدروجين  $H_2S$ .

إرجاعه (أي الماء) يُستعمل فوق أكسيد الهيدروجين في تبيض أو قصر الأقمشة والجلود وفي الطب كمادة مطهرة بتركيز ٣٪. وفي الصناعة الغذائية أثناء صـ المـ العلبات. كما يُستعمل هذا السائل صناعة الصواريخ.

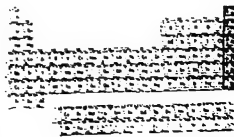
## Gaz inertes الحاملة



لقد ساهم تطور تقنية تجميع الهواء من خلال تبريد وتحويله إلى سائل ثم تقسيمه إلى أجزاءه المختلفة الدرجات حرارة تجميع كل غاز على حدة في اكتشاف الغازات الحاملة.

تظهر الصورة الهواء السائل «المصع» لحظة صبا القارورة الخاصة به إلى وعاء تحت درجة حرارة الغرفة، الأمر الذي يجعله يغلي بسرعة بفعل حرارة الجو المحيط. وأثناء ذلك تنتج كميات كبيرة من الغاز وتشكون سحب من الماء المكشف في السائل.

في العام ١٩٦٢ ظهرت على صفحات الجرائد والنشرات العلمية صيغٌ كيميائية جديدة لبعض المركبات الغريبة للغاية آنذاك مثل  $XeF_4$  و  $XePtF_6$ . وسبب الغرابة في الأمر أنه لم يسبق لأحدٍ في العالم قبل ذلك الوقت أن حصّر مركبات كيميائية يدخل في تركيبها أحد الغازات الخاملة، أي مجموع العناصر المتوضعة على الجناح اليميني من الجدول الدوري. وهي غاز الهليوم Helium والنيون Néon والأرغون Argon والكريبتون Krypton والزينون Xénon والرادون Radon.



Hélium      الهيليوم

Néon النيون

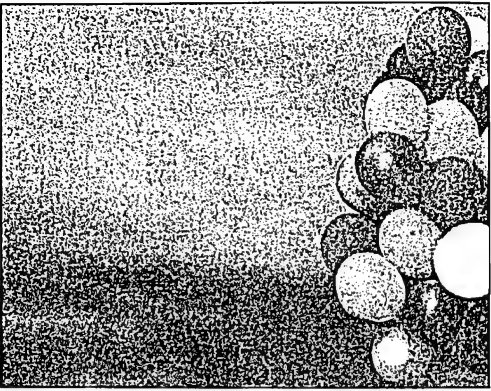
Argon الأَرغون

**Krypton الكريبتون**

Xénon · الزينون

Radon الرادون





تتواجد الغازات الحاملة (النادرة) في الجو بنسب زهيدة مختلفة. يأتي في مقدمتها الأرجون Ar الذي يوجد بحجم ٠.٩٣٪. يتبعه وعلى الترتيب النيون Ne ٠.٠٠١٦٪ والهيليوم He ٠.٠٠٠٥٪ ثم الكريبتون Kr ١ × ١٠<sup>-٤</sup>٪ والزينون Xe ١ × ١٠<sup>-٥</sup>٪ وأخيراً الرادون Rn ١ × ١٠<sup>-١٢</sup>٪.

المستخلص من المركبات الكيميائية المختلفة. ولتفسير ذلك لجأ هذا الباحث إلى زميله الفيزيائي ويليام رمزي William Ramsay (١٨٥٢ - ١٩١٦) وتوصلاً معاً إلى أن الآزوت الجوي يحتوي على كمية قليلة من غاز آخر يشوبه بشكل مستمر. تمكنا من استخلاصه بشكل نقي وأعطياه اسم الأرجون Argon الذي يعني باليونانية القديمة «الكسول» لأن الارغون في واقع الأمر لم يكن يستطيع الدخول أبداً في أي شكل من

يحتفظ تاريخ هذه العناصر لنفسه بقصة مدهشة أخرى أو لنقل بمفاجأة أخرى تمثل في عملية الكشف عن وجود هذه الغازات بحد ذاته. الأمر الذي تم خلال فترة زمنية قصيرة للغاية وقعت ما بين ١٨٩٤ - ١٨٩٩ م. ففي النصف الثاني من القرن التاسع عشر لفت الباحث الإنكليزي رايلي John Rayleigh (١٨٤٢ - ١٩١٩) الانتباه إلى أن كثافة الآزوت Nitrogen المستخلص من الجو تختلف بكمية قليلة وثابتة عن كثافة الآزوت

أشكال التفاعلات الكيميائية. هذه الغازات إلى الباحث الإنكليزي ويليام  
 في عام ١٨٩٥ وانطلاقاً من أحد فلزات رمزي William Ramsay.  
 اليورانيوم تم استخلاص عنصر غازي أخيراً، في العام ١٨٩٩ وفي كندا تحديداً قام  
 «كسول» ثانٍ هو الهليوم Helium. ثم بعد السعالم رذرفورد Ernest Rutherford  
 ذلك بثلاث سنوات فقط اكتشفت ثلاثة النيوزلندي الأصل (١٨٧١ - ١٩٣٧) من  
 غازات خاملة أخرى في الهواء هي خلال دراسة الإشعاع الذري بإثبات وجود  
 الكريبتون Krypton والنيون Neon والزينون Xe. وهذه الأسماء تعني باليونانية  
 القديمة تباعاً «الخفي» و«الجديد» و«الغريب» Radon منطلقاً بذلك من أن هذا الغاز ما هو  
 إلا ناتج التفكك الإشعاعي لعنصر الراديوم إلا ناتج التفكك الإشعاعي لعنصر الراديوم  
 ويعود الفضل الأول والأهم في اكتشاف Radium الشهير.

الصفات الفيزيائية للغازات الخاملة (النادرة)

| العنصر       | العدد الذري | الكتلة الذرية | حرارة الغليان | حرارة الانصهار |
|--------------|-------------|---------------|---------------|----------------|
| الهليوم He   | ٢           | ٤,٠٠٢٦        | -٢٦٩          | -٢٧٢           |
| النيون Ne    | ١٠          | ٢٠,١٨٣        | -٢٤٦          | -٢٤٩           |
| الارغون Ar   | ١٨          | ٣٩,٩٤٨        | -١٨٦          | -١٨٩           |
| الكريبتون Kr | ٣٦          | ٨٣,٨٠         | -١٥٣          | -١٥٧           |
| الزينون Xe   | ٥٤          | ١٣١,٣٠        | -١٠٨          | -١١٢           |
| الراديون Ra  | ٨٦          | ٢٢٢           | -٦٢           | -٧١            |

تحت ضغط ٢٥ × ١٠<sup>٥</sup> باسكال.

- الصفات الكيميائية للغازات الخاملة المدارات الطاقة التابعة لها. فقد تبين أن  
 لم يصبح من الممكن تفسير خمول هذه ذرات كل العناصر الخاملة عدا الهليوم  
 الغازات الكيميائية إلا بعد اكتشاف النموذج تحتوي على مدارها الطاقي الخارجي ٨  
 الفراغي للذرة وتوزع إلكتروناتها على إلكترونات مما يعني أن هذه الإلكترونات

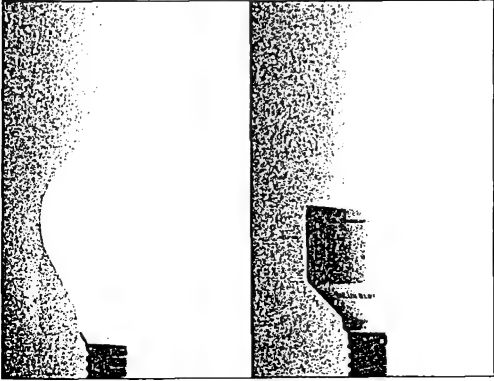


تم الكشف عن الهليوم قبل تاريخ استخلاص الرسم  
الشمس وتحليل الغازات المنطلقة من البراكين النائرة.



لسنوات طويلة ساد الاعتقاد بأن الغازات  
النادرة لا تدخل في أية تفاعلات كيميائية. لكن  
الآن هناك المئات من هذه المركبات الجديدة  
يظهر الشكل بعض بلورات الزينون التي  
اكتشفت لأول مرة عام ١٩٦٣.

بقيت النظرة إلى هذه الغازات على أنها خاملة كيميائياً إلى الستينات من القرن العشرين حيث استطاع العلماء خرق هذا القانون عن طريق تحقيق تفاعلات كيميائية بين الغازات الخاملة والعنصر الأكثر فعالية في الجدول ألا وهو الفلور. أما اليوم فهناك حوالي ٢٠٠ مركب كيميائي لغازات الرينون والكريبتون والرادون. وقد أدى هذا الواقع الجديد إلى تغيير اسم الغازات الخاملة، الاسم الذي ظل لاصقاً بهذه الغازات منذ اكتشافها، ويفضل العلماء اليوم تسميتها بالغازات النبيلة Gaz nobles (نظراً لأنها كالذهب لم تكن تدخل في التفاعلات الكيميائية إلا بصعوبة). أو الغازات النادرة Gaz rares وقد كتب الباحث رمزي William Ramsay المذكور أعلاه أن «الزينون Xe يتواجد في الهواء بكميات أقل من تواجد الذهب في مياه البحر» وهو في ذلك محق تماماً لأن هذه الغازات مجتمعة تعتبر من أكثر الغازات ندرة في الطبيعة. ويتواجد الأرغون Ar في الجو بكميات تساوي مجمل الغازات النادرة الأخرى الباقية.

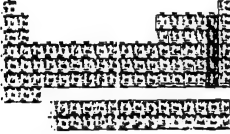


تُملأ الغازات النادرة وخاصة غاز النيون Néon المصابيح الكهربائية ذات الاستعمالات المختلفة، واسطوانات الدعاية التجارية.

كما تملأ مصابيح الإنارة وأسطوانات الدعاية التجارية الغازية بالغازات النادرة لدرجة أن هذه الأنابيب أصبحت تُسمى في العديد من دول العالم بالنيونات انطلاقاً من وجود الغاز الحامل بداخلها.

تُستخدم الغازات النادرة في مجال البحث العلمي والتقني بشكل واسع. وقد أدت الدراسات المجرة على صفات الهليوم السائل إلى اكتشاف الناقلية الكهربائية العالية Super conductivité والميوعة الفائقة

## الهالوجينات les Halogenes



|          |           |
|----------|-----------|
| Fluorum  | الفلور    |
| Chlorum  | الكلور    |
| bromum   | البروم    |
| Iodum    | اليود     |
| Astatine | الاستاتين |

تُدعى عناصر الكلور والفلور والبروم واليود والأستاتين بمجموعة الهالوجينات التي حصلت على اسمها هذا اشتقاقاً من الكلمتين اليونانيتين Hals أو Halas وتعني ملح وgenes تعني مولدات. ذلك أن هذه العناصر كلها تستطيع التفاعل مع المعادن وإعطاء الأملاح كملح الطعام مثلاً الذي يتألف من اجتماع الصوديوم (معدن) مع الكلور (هالوجين).

اتحاد الفلور مع الكالسيوم  $CaF_2$ . كما تحتوي فلزات الكريوليت Cryolite والفلور أباتيت Fluoro-apatite أيضاً على هذا العنصر.

أما الكلور فأهم مركب يتواجد به على سطح الأرض هو كلور الصوديوم (ملح الطعام -  $NaCl$ ) الذي يعتبر المادة الخام

التواجد في الطبيعة والصفات الفيزيائية لا تتواجد الهالوجينات في الطبيعة - نظراً للفعالية الكيميائية الكبيرة التي تتمتع بها - بالشكل الحر، بل بالشكل المرتبط حصراً وخاصةً على شكل أملاح.

يُصادف الفلور في الطبيعة على شكل فلز الحجر الفلوري Fluorite الذي يتألف من

الصفات الفيزيائية للهالوجينات

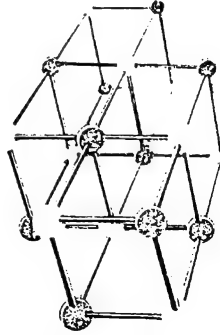
| العنصر    | العدد الذري | الكتلة الذرية | حرارة الغليان | حرارة الانصهار | المظهر الخارجي |
|-----------|-------------|---------------|---------------|----------------|----------------|
| الفلور ٩  | ١٨,٩٩٨٤     | ١٨٨,١٣-       | ٢١٩,٦١-       | غاز أصفر شاحب  |                |
| الكلور ١٧ | ٣٥,٤٥٣      | ٣٣,٦-         | ١٠٠,٩٨-       | غاز أصفر مخضر  |                |
| البروم ٣٥ | ٧٩,٩٠٤      | ٥٨,٧٨         | ٧,٢-          | سائل بني داكن  |                |
| اليود ٥٣  | ١٢٦,٩٠٤٥    | ١٨٤,٥         | ١١٣,٥-        | بلّورات زرقاء  |                |
|           |             |               |               | داكنة ذات بريق |                |



بلورات من اليود

كلور الصوديوم في مياه البحار والمحيطات والعديد من البحيرات، كما يوجد متحجراً على شكل توضعات في باطن الأرض تدعى بالملح الصخري أو الهاليت Halite. وهناك بعض الفلزات الأخرى التي تحتوي على ملح الطعام مثل فلز الكارناليت Carnalite والسيلفيت Sylvite. يتميع الكلور تحت الضغط العالي ويتحول

الأكثر أهمية لاستخلاص كافة مركبات الكلور الأخرى. وتوجد الكتلة الرئيسية من



يتواجد الكلور في الطبيعة ككل الهالوجينات الأخرى على شكل مركبات فقط. وملح الطعام هو أشهر مركب من هذه المركبات. في الشكل صورة بلورة يظهر فيها الترتيب الفراغي لذرات الصوديوم (الأخضر) والكلور (الأصفر).



توجد كميات هائلة من أملاح الكبريت في شكل محال في ماء البحار، كما أن جزيئات الطحالب المكونة  
للجود الأحمر الذي يسببه لا يمكن الحصول على هذا العنصر.

إلى سائل يُنقل في أنابيب فولاذية خاصة. يوجد البروم في الطبيعة على شكل أملاح البوتاسيوم والصوديوم والمغنيزيوم في مياه البحار وبعض البحيرات والأنهار الجوفية. ويتواجد اليود أيضاً في مياه البحار إنما بكميات ضئيلة جداً تجعل استخلاصه من البحر مكلفاً وصعباً من الناحية التقنية لذا يُلجأ عادة إلى ترميد بعض الطحالب المائية (تحويلها إلى رماد) للحصول على هذا

العنصر بشكل نقي.

يصادف اليود في الطبيعة أحياناً على شكل يودات البوتاسيوم وبيرودات البوتاسيوم. لا يوجد العنصر الأخير في مجموعة الهالوجينات، أي الاستاتين Astatine، في الطبيعة لا بالشكل الحر ولا بالشكل المرتبط. بل يتم الحصول عليه عن طريق التفاعلات النووية الصناعية. وقد اكتشفت آثار زهيدة منه في منتجات التفكك المشع للأورانيوم Uranium والثوريوم Thorium

تمتلك كل الهالوجينات رائحة واخزة للمغاية ويؤدي استنشاق أبخرتها إلى تهيج الطرق التنفسية واعتلال الأغشية المخاطية. وإذا حدث هذا الاستنشاق لفترة طويلة فقد يؤدي إلى حالات تسمم خطيرة للمغاية.

- أهمية الهالوجينات بالنسبة للإنسان يلعب الكلور دوراً هاماً فيما يدعى بالتوازن الحمض - أساس Acide-Base balance في سوائل الجسم المختلفة كالمصورة Plasma والسائل النسيجي Fluide intercellulaire وتحتوي العظام على الكلور كشاردة غير قابلة للتبادل، كما تحتوي العصارة الهاضمة في المعدة على كميات كبيرة من الكلور على شكل حمض كلور الماء.

يعتبر البروم والفلور من العناصر الزهيدة Trace éléments أي تلك العناصر التي توجد بكميات قليلة للمغاية في جسم الانسان. ويتواجد البروم بشكل رئيسي في



يؤدي عوز اليود Carence d'iode إلى الإصابة بداء الدراق Goitre الذي يتميز بتضخم الغدة الدرقية الشديد. إلا أنه ونظراً لاعتماد العديد من الدول القارية إضافة اليود إلى ملح الطعام فقد قلت شدة تواتر حدوث هذا المرض بشكل كبير.





يتمتع الفلور بفعالية كيميائية عالية للعناية. وهو عند التسخين يتفاعل مع كل المعادن حتى الذهب والبلاتين، وينفجر الفلور لدى تماسه مع الثلج. رابطة الفلور مع الكربون قوية للعناية مما يجعل المركبات الفلوروكربونية ثابتة بشكل متميز. الموجود في جو من غاز الكلور محدثاً شعلة شديدة التآلق وعلى أطراف الوعاء أو الأنبوب الذي يحتويه يبدأ كلور الصوديوم بالتشكل على هيئة غبار أبيض.

ومن الأمثلة الكثيرة على فعالية الهالوجينات الكيميائية العالية تأخذ تفاعل الكلور مع كلور الحديد  $FeCl_2$  ذي اللون الأصفر الشاحب محولاً إياه إلى كلور الحديد ذي اللون الأصفر الفاتح.

منطقة الدماغ والجملة العصبية المركزية إلا أن دوره الفيزيولوجي ما زال غامضاً وينقصه الكثير من البحث والتحقيق. أما الفلور فعلى الرغم من كونه من العناصر الزهيدة Trace elements إلا أنه يلعب دوراً هاماً في تقوية الأسنان والعظام وقد بدأ الكثير من بلدان العالم بإضافته لمياه الشرب وملح الطعام لهذه الغايات مجتمعة.

يُمتص اليود المتوافر في الغذاء وفعاليتها كبيرة من قبل الأمعاء ثم يُنقل إلى الغدة الدرقية Thyroïde حيث يُخزن ويُستخدم لاصطناع الهرمونات الدرقية مثل ثلاثي يود الثيرونين Triiodo Thyronine والثيروكسين Thyroxine. الهرمونات اللذان يلعبان دوراً مفتاحياً هاماً في تنظيم الاستقلاب Metabolisme لدى البالغين ونمو وتطور الأطفال. وتعتبر الأسماك البحرية من المصادر الغذائية الهامة من حيث توافر اليود.

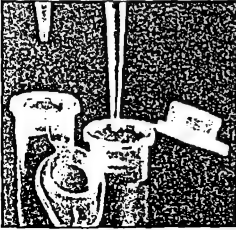
#### الصفات الكيميائية للهالوجينات

تُظهر الهالوجينات الحرة فعالية كيميائية كبيرة للغاية. وهي تتفاعل مع كل المواد البسيطة المعروفة. وخاصة مع المعادن حيث تتم هذه التفاعلات بسهولة مع إطلاق كميات كبيرة من الحرارة. فمثلاً يشتعل معدن الصوديوم

## الكيمياء اللاعضوية

مثلاً يستعمل للحصول على الهيدروكربونات المقاومة للحرارة العالية والمواد البلاستيكية المقاومة للمواد الكيميائية المخترشة كالتيفلون Teflon. والسوائل المستخدمة في عالم التبريد كسوائل الفريون Fréons مثلاً.

يستعمل الكلور لتحضير كميات هائلة من المركبات العضوية واللاعضوية على حد سواء. فمن حيث المركبات اللاعضوية يُستعمل الكلور لتحضير حمض كلور الماء وقصر الأنسجة والسيلولوز المستخدم لصناعة الورق، ولتعميم مياه الشرب والمياه الراكدة، كما يُستعمل في عالم التعدين لكلورة الفلزات الطبيعية الأمر الذي يعتبر المرحلة الأولى في طريق الحصول على بعض المعادن.

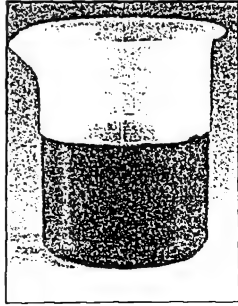


أما بالنسبة للفلور فهو أكثر الهالوجينات فعاليةً. ويوصف بحق على أنه العنصر الذي يتحد مع كل شيء كونه يتحد مباشرة مع المعادن واللامعادن إجمالاً سواء أكان ذلك بحرارة الغرفة أم تحت تأثير بعض التسخين.

يتم استخلاص الهالوجينات النقية عادة من مركباتها الطبيعية عن طريق أكسدةها أو تعريضها للتحليل الكهربائي.

### - استخدام الهالوجينات

للهاالوجينات استعمالات أكثر من أن تعد وتغصى في عالم الصناعة الكيميائية فالفلور



التيفلون Polytetrafluoroethylene ناتج بلمرة Polymérisation رباعي فلور الإيثيلين. مادة بيضاء تشبه البارافين تتحمل الحرارة. تتفوق في ثباتها الكيميائي على المواد الصناعية المعروفة والفلزات الثمينة. لا تتأثر بالحموض والقلويات ولا بالماء الملكي لذا يُحضّر منها الكثير من الأوعية والأدوات الخيرية المقاومة.

استخلاص الدهون كما تستعمل بعض مركبات الكلور كمواد فعالة في مكافحة الآفات الزراعية وتحضير مختلف المنتجات البلاستيكية والأنابيب الصناعية والكاوتشوك.

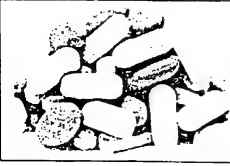
أما بالنسبة للمركبات العضوية فقد حازت مركبات الكلور العضوية في الزمن الراهن على الكثير من الأهمية والوضحة الإعلامية. فمثلاً يستعمل ثنائي كلور الإيثان ورباعي كلور الكربون بشكل واسع جداً في



يستعمل الكلور لتحضير المواد السامة كالفوسجين Phosgene والايبريت Yperite مثلاً وعدد من المواد المطفئة للدخان. وقد استعملت هذه الغازات بكثرة في الحرب العالمية الأولى على الحية الألمانية الفرنسية.



يساعد الكلور في صناعة دائن اخلد الطبيعي (الباليول Pavinol) ومع استمرار التقدم التقني في العالم تستمر استخدامات المستحضرات المحتوية على الكلور بالتوسع لدرجة أنها أصبحت تقارن مع استعمال حمض الكبريت والشار والصور الكاوي.

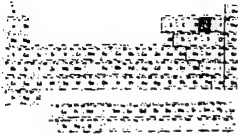


يستخدم اليود في عالم الطب لتصنيع صبغة اليود (كحول إيثيلي يحوي ١٥ ٠٠ يود) التي توقف وبفعالية عالية النزوفات الدموية، كما أنه يستعمل في العديد من الصناعات الدوائية.



يعتبر الروم ضروريا لتصنيع العديد من المواد الدوائية وبعض الملونات وكذلك لتصنيع بروميد الفضة الضروري لإنتاج أفلام التصوير.

## Oxygenum الأكسجين



|                |        |
|----------------|--------|
| الرمز          | O      |
| العدد الذري    | ٨      |
| الكتلة الذرية  | ١٥,٩٩٩ |
| حرارة الانصهار | ٢١٨,٧  |
| حرارة الغليان  | ١٨٢,٩  |

- التواجد في الطبيعة

الأكسجين أكثر العناصر تواجداً على سطح الأرض. وإذا كان الهيدروجين هو العنصر المهيمن في الفضاء الخارجي، والأكسجين هو العنصر الأول كمّاً في الطبقات الأرضية العليا بما في ذلك القشرة الخارجية. وهو يدخل في تركيب معظم الصخور والفلزات المعدنية. وبلغت الأرقام نجد أنه يشكل ٤٧٪ من مجمل كتلة القشرة الأرضية الصلبة وأكثر من ذلك في الغطاء المائي حيث تصل نسبته إلى ٨٦٪ من كتلة الغطاء المائي. الأكسجين غاز فعال كيميائياً عديم اللون والرائحة. يقوم بالتفاعل مع كل العناصر

جزئي الأكسجين ثنائي الذرة دائماً «O<sub>2</sub>». إلا أن هناك شكلاً تأصلياً allotropique آخر له هو غاز الأوزون «O<sub>3</sub>» الأزرق اللون والسام الذي حصل على شهرة كبيرة في أيامنا هذه جراء حصول ما يدعى بظاهرة ثقب الأوزون في الغلاف الجوي الخارجي للأرض.

اكتُشف الأكسجين في وقت واحد ومكانين مختلفين من قبل الباحث الإنكليزي بريستلي Priestley (١٧٣٣ - ١٨٠٤) والباحث السويدي شيلي Scheele (١٧٤٢ - ١٧٨٦) في العام ١٧٧٧. إلا أن هذين الباحثين رغم اكتشافهما لهذا الغاز «الناري» كما أسماه، لم يثمنوا جيداً المعنى العلمي لما فعلاه فاكتمل بتعداد صفاته فقط. وبقي الأمر كذلك إلى أن قُسر لافوازييه Lavoisier عمليات التنفس والاحتراق على أنها تفاعل المواد مع الأكسجين. وهو - أي لافوازييه - الذي أعطى هذا العنصر اسمه المعروف اليوم الذي يعني باللاتينية «مولد الحموضة» على الرغم من عدم احتواء كل الحموض في بنيتها على الأكسجين.

عدا الهليوم Hélium والنيون Néon  
والآرغون Argon. وتترافق التفاعلات التي  
يشارك بها دائماً - أو ما يُعرف بتفاعلات  
الأكسدة - بإطلاق كميات كبيرة من الحرارة  
وأحياناً الضوء.

#### الفوائد والاستخدامات

يتشكل الأكسجين الحر بالطبيعة بفضل  
عملية التركيب الضوئي Photosynthèse .  
وهو ضروري لتنفس الكائنات الحية لأن  
أكسدة المواد الغذائية العضوية الموجودة في  
الغذاء هي الأساس الطاقي لكل العمليات  
الحياتية الأخرى. كما يدخل الأكسجين في  
تركيب الغالبية العظمى من المركبات  
العضوية واللأعضوية التي يكفي أن نذكر  
منها الماء والسكريات Glucides والدم  
Matières grasses كي نتصور أهمية  
الأكسجين بالنسبة لكل أنواع الحياة.

في أيامنا هذه يتراكم غاز ثاني أكسيد  
الكربون  $CO_2$  الضار بشكل متعاظم، إلا أن  
مقدار تدخل الإنسان في هذه العملية ضئيل  
إذا ما قورن بالحوادث الطبيعية الجارية على  
سطح الأرض. فتورة بركان واحد متوسط  
الحجم تؤدي إلى إطلاق غاز  $CO_2$  بكميات  
تفوق كل ما تطرحه محطات الطاقة  
الحرارية في العالم لمدة سنتين. وعلى الرغم



الأكسجين. أكثر  
العناصر انتشاراً  
على الأرض. فهو  
يشكله المرتبط  
بوزن ٦٧ من  
كتلة الغطاء المائي  
الأرضي

Hydrosphere  
(٨٦) من

الكتلة) وحوالي  
نصف كتلة  
القشرة الأرضية

Lithosphere  
(٤٧) من

الكتلة) أما في الجو  
Atmosphere

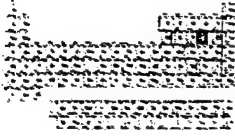
حيث يتواجد  
بالشكل الحر  
فيتمثل المئوية  
الثانية بعد غاز  
الأزوت (٢١).  
من الكتلة).

يدخل هذا العنصر في بنية السيليكات Silicates والكوارتز أو المرو Quartz وأكسيد الحديد والكربونات والكبريتات والكثير من الفلزات الأخرى. كما أنه يتواجد في الكائنات الحية نسبة تصل حتى ٧٠٪. يتم الحفاظ على كمية الأكسجين الحر الموجود على الأرض بفضل الغطاء النباتي الأخضر سواء أكان هذا الغطاء على اليابسة أم في البحر. حيث تقوم هذه النباتات باضلاقي الأكسجين نتيجة للتركيب الضوئي Photosynthèse. دور الأكسجين مهم للغاية في عمليات التنفس لدى كل الكائنات الحية. ولقد استخدمات أكثر من أن تعد وتخص في مختلف فروع الصناعة

الكيميائية كحمض الكبريت مثلاً. ويصلح في حالته السائلة كوقود للمحركات الضخمة (يتحول الأكسجين إلى سائل أزرق اللون عند درجة حرارة (-١٩٣ مئوية) وتعتبر عملية الأكسدة أو الاحتراق للثروات المعدنية كالنفط والفحم مثلاً، أساساً لكل التقدم الذي أصاب البشرية حتى الآن.

بالإمكان استخلاص الأكسجين صناعياً من الهواء حيث يوجد مختلطاً وغير مرتبط مع غيره من الغازات، كما ويمكن تحضيره مخبرياً بواسطة التحليل الكهربائي للماء والمحاليل الأخرى مثل ماءات البوتاسيوم KOH وماءات الصوديوم NaOH. وهو يُستخدم لصناعة العديد من المركبات

## Sulfure الكبريت

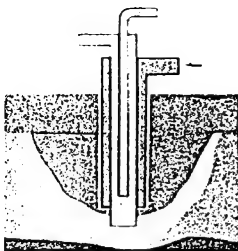


|                |       |
|----------------|-------|
| الرمز          | S     |
| العدد الذري    | ١٦    |
| الكتلة الذرية  | ٣٢,٠٦ |
| حرارة الانصهار | ١١٢,٨ |
| حرارة الغليان  | ٤٤٤,٦ |

الأخرى المحيطة به عند هذه الدرجة بالحالة الصلبة. وهكذا يصبح بالإمكان سحبه وفصله عن بقية الفلزات. كما يستخرج الكبريت من أكسيده  $SO_2$  وغاز كبريت الهيدروجين المتواجد مع الغاز الطبيعي. الكبريت - لا معدن فعال كيميائياً يتفاعل مع الكثير من المعادن بدون تسخين كالنحاس

تعرف الإنسان على الكبريت منذ قديم العصور واستخدمه مع ناتج احتراقه ثاني أكسيد الكبريت  $SO_2$  لتبييض الأنسجة وتحضير المواد الدوائية والبارود. وقد استخرج الرومان القدماء هذا العنصر ذا اللون الأصفر والرائحة الواخزة من مكامنه الطبيعية الموجودة في صقلية Sicile.

يتعلق لون الكبريت بالنوع التأصلي allotropique والحرارة التي يتواجد بها. فإذا وجد الكبريت في جو من الهواء السائل تحول من اللون الأصفر مباشرة إلى اللون الأبيض. لقد عُرفت طرق استخلاص الكبريت الحرارية من المكامن الكبريتية الطبيعية منذ قديم القرون. فالكبريت فلز سهل الانصهار، يتحول إلى الحالة السائلة عند درجة حرارة ١١٢,٨ فقط فيما تبقى معظم الفلزات



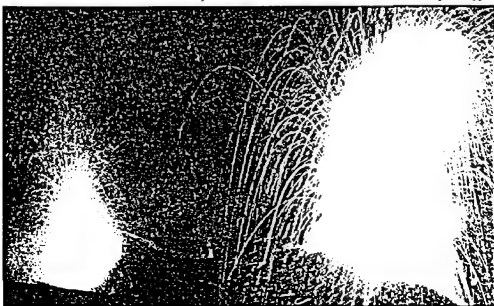
تتلخص طريقة المهندس الألماني Frash لاستخلاص الكبريت من مكانه الطبيعية بإبصال الماء الساخن إلى الجيب الكبريتي لصهره ثم نقله سائلاً إلى سطح الأرض. في حفرة السردخل ثلاثة أنابيب الأول للماء الساخن الذي تتراوح حرارته ما بين (١٧٠ - ١٦٥ درجة مئوية) والثاني للهواء (ضخ) والثالث لنقل الكبريت السائل إلى السطح. الهواء، الماء، الكبريت / الجيب الكبريتي.

والفضة والزئبق. ومع بعض التسخين فقط، كالحديد والألمنيوم والرمصاص. وهو يعجز فقط عن التفاعل مع الذهب والبلاتين. كما أنه يتفاعل مع بعض النصوبة مع الالمعادن الأخرى.

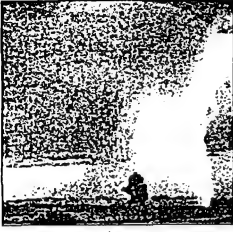
#### - استخدامات الكبريت

تقريباً نصف ما يُستخرج من الكبريت في العالم يذهب لتصنيع حمض الكبريت  $H_2SO_4$  أهم مركبات الكبريت على الإطلاق. وحوالي ٢٥٪ من مجموع الكبريت يذهب لتصنيع هيدرو سلفات الكالسيوم  $Ca(HSO_4)_2$  الضروري لتصنيع الورق. أما الكبريت الباقي

ينطلق غاز أكسيد الكبريت  $SO_2$  والكبريت الهيدروجيني  $H_2S$  مع الغازات المنطلقة أثناء الثورات البركانية.







لغاز أكسيد الكبريت آثار مضرّة بالبيئة. ومنها أنه يتحول في الجو إلى حمض كبريت الهيدروجين الضعيف الذي يتحلل في ماء المطر ويزدي لدى سقوطه أرضاً إلى رفع درجة حموضة التربة (تعرف هذه الأمطار بالأمطار الحامضية) وجعلها وسطاً غير مناسب لنمو الغطاء النباتي (حرق المزارع والأشجار).

فيدخل في تصنيع المطاط والكوتشوك المُفلَكَنُ (الناري) وأعواد الثقاب والبلاستيك وبعض الأدوية. كما أنه يدخل في بنية العديد من المواد الحيوية الهامة كالبروتينات Protéines والحموض النووية Acides nucléiques والفيتامينات Vitamines والأنزيمات Enzymes. لا يجب أن ننسى أن بعض مركبات عنصر الكبريت تسمم الجو بشدة كغاز أكسيد الكبريت مثلاً. كما أن الكبريت إذا تواجد في وقود السيارات فسوف يؤدي حتماً إلى إحداث أضرار صحية جدية. لذا تُضاف دائماً إلى محطات تكرير النفط أقسام خاصة لتخليص النفط ومشتقاته من الكبريت، تدعى بأقسام نزع الكبريت Désulfuration.

## الآزوت Nitrogenium

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| ١ | ٢ | ٣ | ٤ | ٥ | ٦ | ٧ | ٨ | ٩ | ١٠ | ١١ | ١٢ | ١٣ | ١٤ | ١٥ | ١٦ | ١٧ | ١٨ | ١٩ | ٢٠ | ٢١ | ٢٢ | ٢٣ | ٢٤ | ٢٥ | ٢٦ | ٢٧ | ٢٨ | ٢٩ | ٣٠ | ٣١ | ٣٢ | ٣٣ | ٣٤ | ٣٥ | ٣٦ | ٣٧ | ٣٨ | ٣٩ | ٤٠ | ٤١ | ٤٢ | ٤٣ | ٤٤ | ٤٥ | ٤٦ | ٤٧ | ٤٨ | ٤٩ | ٥٠ | ٥١ | ٥٢ | ٥٣ | ٥٤ | ٥٥ | ٥٦ | ٥٧ | ٥٨ | ٥٩ | ٦٠ | ٦١ | ٦٢ | ٦٣ | ٦٤ | ٦٥ | ٦٦ | ٦٧ | ٦٨ | ٦٩ | ٧٠ | ٧١ | ٧٢ | ٧٣ | ٧٤ | ٧٥ | ٧٦ | ٧٧ | ٧٨ | ٧٩ | ٨٠ | ٨١ | ٨٢ | ٨٣ | ٨٤ | ٨٥ | ٨٦ | ٨٧ | ٨٨ | ٨٩ | ٩٠ | ٩١ | ٩٢ | ٩٣ | ٩٤ | ٩٥ | ٩٦ | ٩٧ | ٩٨ | ٩٩ | ١٠٠ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|

|         |                |
|---------|----------------|
| N       | الرمز          |
| ٧       | العدد الذري    |
| ١٤.٠٠٦٧ | الكتلة الذرية  |
| ٢١٠     | حرارة الانصهار |
| ١٩٦     | حرارة الغليان  |

لقد كان العالم الفرنسي لافوازييه Lavoisier أول من أطلق اسم الآزوت Azote على هذا العنصر في نهاية القرن الثامن عشر. هذا الاسم الذي يعني باللغة اللاتينية «الذي لا حياة فيه» حيث الحرف ٨ يعني النفي وZôl تعني الحياة. وهو المعنى الدقيق الذي قصده لافوازييه والذي كان متعارفاً عليه لدى معاصريه أيضاً.

للهمة الأولى يبدو هذا الاسم معبراً فعلاً عن صفات هذا الغاز، ولكن هل هذه هي الحقيقة؟... في واقع الأمر، إن الآزوت وعلى العكس من الأكسجين لا يحافظ على التنفس والاحتراق. إلا أن تنشق الأكسجين النقي بشكل مستمر من قبل الإنسان غير ممكن أيضاً، وحتى المرضى المحتاجون للأكسجين يُعطَوْنَه لفترة محدودة فقط. من هنا نجد أن مزيج الآزوت مع الأكسجين هو المزيج المثالي لتنفس الغالبية العظمى من سكان الكرة الأرضية.

إذاً، لقد ظلم لافوازييه Lavoisier هذا الغاز بإطلاق اسم «ما لا حياة فيه» عليه. خاصة وأن الآزوت هو غذاء النباتات الرئيسي (مع مركبات الفوسفور والبوتاسيوم) الذي نعطيها إياه على شكل أسمدة. وهو العنصر الذي يدخل في تركيب أعداد هائلة جداً من المواد العضوية الهامة جداً للحياة كالبروتينات والحموض النووية.

ويبدو أن الحمول النسي لهذا الغاز مفيد جداً للبشرية. فإذا كان الآزوت أكثر فعالية بقليل لتغير شكل الغطاء الجوي الأرضي ولتفاعل أكسجين الهواء مع الآزوت وتشكلت الأكاسيد السامة. وإذا كان الآزوت خاملاً تماماً كالهيليوم Hélium أو النيون Néon مثلاً، لما استطاعت المصانع الكيميائية ولا العضويات الدقيقة Microorganismes المثبتة للآزوت الجوي في التربة من القيام بعملها هذا وإعطاء هذا العنصر للكائنات الحية المحتاجة له. ولما وجد حمض الآزوت والنشادر الضروريان للغاية لتصنيع المئات من المواد



الأزوت غاز عديم الطعم والرائحة وواحد من أوسع العناصر انتشاراً. فهو يشكل الجزء الأعظم من الغطاء الجوي للأرض (حوالي ٤ × ١٠<sup>٥</sup> طن).



يشكل الأزوت إحدى اللغات الكيميائية الجامعة في جزيئات DNA و RNA العملاقة. هذه الجزيئات التي تنقل المعلومات الوراثية من جيل لآخر في كل الكائنات الحية المعروفة.

– الفوائد والاستخدامات

لمركبات الأزوت أهمية كبيرة جداً للعالم وللعديد من فروع الصناعة. وللمحصول على هذه المركبات يُنفق الإنسان سنوياً مصادر طاقة ضخمة للغاية. والنشادر واحد من أهم منتجات الصناعة الكيميائية في العالم. يُنتج منه سنوياً حوالي ٧٠ مليون طن. وهو يُستخدم على شكل محاليل (ماء النشادر، سائل مخصب للنباتات والكحول النشادر في الطب). كما يستخدم حمض الأزوت  $HNO_3$  صناعياً بشكل واسع للغاية، كونه يحل كل المعادن عدا الذهب والبلاتين وبواسطته يمكن إدخال جذور  $NO_2$  في بنية العديد من المركبات العضوية التي تتحول إذا ما حدث ذلك إلى مواد شديدة الانفجار.

انهاية للإنسان. باختصار لو لم يكن الأمر كذلك لما كانت هناك حياة على سطح الأرض.



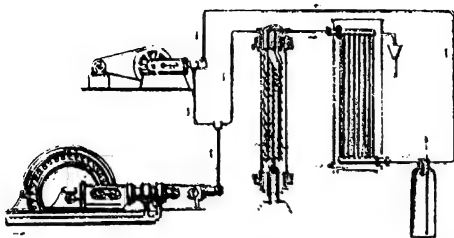
في العام ١٩٥٨. حصل أكبر انفجار كيميائي عرفته البشرية. فقد تم تفجير ١٣٧٥ طن من مادة النترات  $Nitrates$  الحساسة لتدمير إحدى القمم الجبلية تحت المانية التي كانت تشكل خطراً مستمراً على الملاحة في Seymour Narrows (كندا). وأدت القوة الهائلة الكامنة في عنصر الأزوت إلى تفجيت ٦٤٠,٠٠٠ طن من الصخور بضررة واحدة.

## الكيمياء اللاعضوية

وحتى الغليسرين Glycerine هذه المادة إلى مادة النيتروغليسرين  
المسالمة المستخدمة في مجال الحفاظ على Nitroglycerine شديدة الحساسية  
الأيدي الناعمة والبشرة الحساسة تتحول والانفجار.

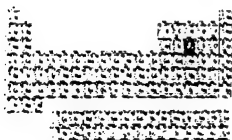


نحتسب البوطة الفورية اليوم (الآيس كريم) بسخن الأزوت السائل (يصح سائل تحت درجة حرارة - ١٩٦).  
كما يستعمل الأزوت السائل لحفظ السائل المنوي البشري (أعلى ويتم الصورة) في بنوك السائل المنوي  
les banques du sperme استعدادا لاستخدامها لاحقا في القاح البيوض الناضجة.



يتم تصنيع النشادر Ammonia في أسطوانات ضخمة. يتم مزيج الأزوت والأكسجين إليها بواسطة مضخة ليسم التفاعل تحت ٣٠ ضغط جوي وحرارة حوالي ٥٠٠ درجة مئوية بوجود مادة محفزة Catalyseur ثم يتحول النشادر المشكل بالمراد الى سائل (تكاثف) ويُفصل عن الاجهزة. تعود الغازات التي لم تتفاعل بواسطة مضخة جانبية الى الأسطوانات مرة أخرى.

## الفوسفور Phosphorus

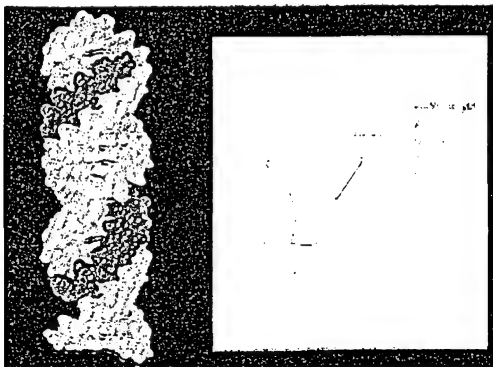


|                |                        |
|----------------|------------------------|
| الرمز          | P                      |
| العدد الذري    | ١٥                     |
| الكتلة الذرية  | ٣٠.٩٧٣                 |
| حرارة الانصهار | ٤٤.٢ (للفوسفور الأبيض) |
| حرارة الغليان  | ٢٥٧                    |

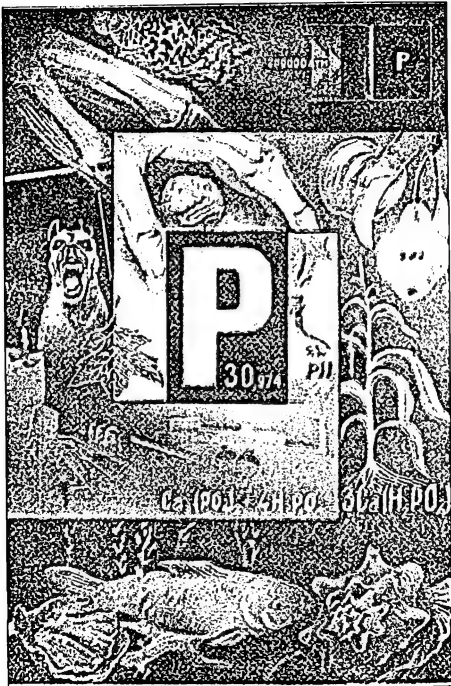
لكنه كشف فيما بعد عن مكونات أسرارهِ وأهميته الفائقة في كل مجالات الحياة.

اكتشف الفوسفور في عام ١٦٦٩ من قبل الباحث الألماني هينغ براند Hennig Brand الذي لاحظ أثناء تقطيره لليود بقاء مادة مضيئة ذات لون أخضر باهت في الحوجلة الخيرية، مما دفعه في بادئ الأمر إلى الاعتقاد بأنه اكتشف حجر الفلاسفة الذي حير عقول الباحثين في مجال الكيمياء منذ أقدم العصور، والذي كانوا يعتقدون أنه يتألف من مادة مضيئة متألقة. وبطبيعة الحال لم يعطِ الفوسفور المُكتَشَف الخلود للباحث هينغ براند ولم يحول النحاس إلى ذهب

يوجد الفوسفور في كل الكائنات الحية في العظام والعضلات والدماغ والأعصاب. ويحتوي جسم الإنسان البالغ على حوالي ٤.٥ كغ من هذا العنصر الذي ترتبط به كل العمليات الفيزيولوجية الهامة تقريباً. يؤلف الفوسفور حوالي ٠.٠٩٣٪ من كتلة القشرة الخارجية للكرة الأرضية. ويتواجد بشكل رئيسي في فلز الفوسفوريت allotropiques. فهناك الفوسفور الأبيض



بدخل الفوسفور كمادة بانية رئيسية في بناء الصغيات Chromosomes والمسؤولة عن اخفاط عليها. وانتساح Réplication المعلومات الوراثية في كل الكائنات الحية. الى اليسار جزيء DNA عملاق والى اليمين صيغة كيميائية تين موقع الفوسفور الهام (اللون البني) في هذه المادة الوراثية.

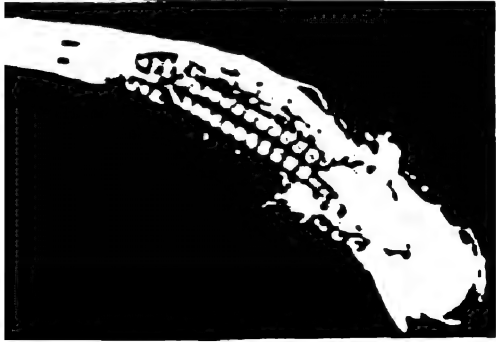


يحتوي جسم الإنسان على حوالي ٤.٥ كغ من الفوسفور على شكل مركباته الكلسية منها ٤.٤ كغ في العظام وحوالي ١٣٠ غ في العضلات و١٢ غ في الأعصاب والدماغ. يتفاعل الأكسدة البطيء، للفوسفور الأبيض مع اصدار صواء خفيف محصر وهو قد يحترق اذا وضع مباشرة في الهواء المطلق

والفوسفور الأحمر والبني والأسود والفوائد والاستخدامات والبنفسجي.

استخدامات الفوسفور واسعة ومتنوعة للغاية. فأعواد الثقاب تُصنع من الفوسفور الأحمر. ومركبات الفوسفور تدخل بكميات كبيرة للغاية في صناعة الأسمدة المعدنية الضرورية لحاصيل الحبوب والأشجار المثمرة. وهو لهذا السبب يُستخرج في العالم بكميات هائلة تصل حتى حوالى ١٠٠ مليون طن في العام الواحد. ولقد كان أول سماد معدني عرفته البشرية يتألف من مادة السوبرفوسفات

والفوسفور الأبيض مادة فعالة كيميائياً وسامة للغاية. يؤدي لمسها إلى إحداث حروق شديدة للغاية. وهو يتحد مع العديد من المعادن والأكسجين والهالوجينات والكبريت. أما الفوسفور الأحمر الذي يتشكل جراء تسخين الفوسفور الأبيض بمعزل عن الهواء فهو أقل فعالية. والأسود يدخل بصعوبة بالغة في التفاعلات الكيميائية.



ليست هذه الصورة لوحش فضائي آي رهيب. بل لأحد القشريات البحرية المسمى *Valenciennetus* الفادرة على إصدار الضوء خلال فترة نشاطها الجنسي. والعامل الأول المساهم في عملية إصدار الضوء هذه هو عنصر الفوسفور الغني بالطاقة (ATP أو الأدينورين ثلاثي الفوسفات)



Superphosphate الشيرة التي تتركب من  $\text{CaH}_2\text{PO}_4$ ,  $2\text{CaSO}_4$ .  
الفوسفات الالامانية وكبريتات الكالسيوم الفوسفور الأبيض ومركباته مواد سامة

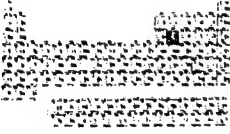


من استخدامات الفوسفور الخفيفة - أنه يدخل في تركيب السموم الكيميائية المعروفة تحت اسم «غازات الأعصاب» التي تقتل من خلال إيقاف السيالات العصبية *influx nervens*. ومن هذه الغازات النابون Tabun والسارين Sarin والسومان Soman. ويتركب السارين مثلاً من مركبات عضوية فلوروفوسفاتية.

سوريا Charles Sauria عندما اكتشف أعواد الثقاب لم يتنبه إلى سمية الفوسفور العالية وكانت النتيجة أن آلافاً من البشر العاملين في معامل أعواد الثقاب قضوا نحبهم أو أصيبوا بعجزٍ دائمٍ جراء تسرب الفوسفور إلى أجسامهم.

للمغاية. لذلك نراه يُحفظ في المخابر عادة تحت الماء أو في أوعية مغلقة بإحكام. ولدى العمل مع الفوسفور، يُنصح دائماً بمراعاة قواعد السلامة المخبرية بدقة شديدة. ومن الأمثلة المأساوية الشهيرة التي تدل على خطورة هذا العنصر، أن الفرنسي شارل

## الكربون Carboneum



الرمز C

العدد الذري 6

الكتلة الذرية 12.011

حرارة الانصهار 3750 (تحت ضغط عالٍ)

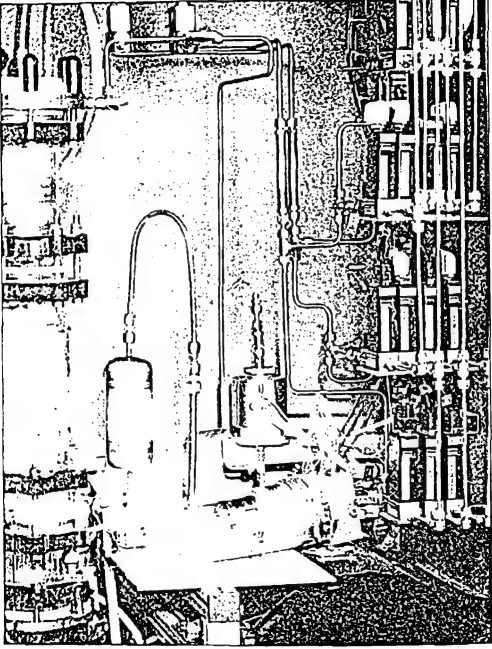
حرارة الغليان

تعود علاقة الإنسان مع هذا العنصر الهام إلى عصور مُعَرَّقة في القدم. وليس من المعروف اسم أول من اكتشف الكربون. وأي شكل منه، الألماس Diamond أم الغرافيت Graphite كان المكتشف أولاً. إلا أنه من الثابت أن الإنسان انتظر إلى نهاية القرن الثامن عشر حتى اعترف بالكربون كعنصر كيميائي مستقل بذاته.

### التواجد في الطبيعة

يشكل الكربون حوالي 0.023٪ من الكتلة الإجمالية للكرة الأرضية. وهو العنصر الأول من حيث الأهمية في أجسام كل الكائنات الحية النباتية والحيوانية وكل المحروقات من النفط إلى الغاز إلى الخث Peat والخشب. ويعتبر الفحم الحجري أغنى أنواع هذه المركبات بعنصر الكربون.

كما أن العديد من الفلزات تحتوي عليه. ومنها أحجار الجير  $\text{CaCO}_3$  limestone والدولوميت  $\text{Ca Mg (CO}_3)_2$  Dolomite. إن الكربون من أكثر العناصر أهميةً بالنسبة للحياة على سطح الأرض. لماذا؟ فلنستمع إلى العالم الروسي مندليف Mendeleiev ولنتر ماذا يقول بخصوص ذلك في كتابه «أسس الكيمياء».

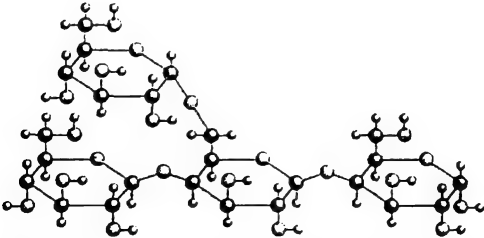


حتى الآن كان البنزين هو الوقود الأساسي للسيارات. إلا أنه حالياً، ويهدف حماية البيئة لتقوي بالتعاون مع شركات بيجو - سيتروين - Citroën - Peugeot ورينو Renault ، محاولات جاهدة لتطوير استخدام الغاز الطبيعي (GNV) كوقود للسيارات. والغاز الطبيعي كالتنزين تماماً. أحد مركبات الكربون الطبيعية الهامة. في الصورة- مفاعل اختبار الغازات المطلق من عادم السيارات التي تعمل على الغاز الطبيعي.

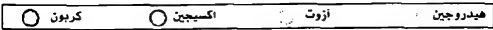
يُصادف الكربون في الطبيعة بالشكل الحر المرتبط معاً وبعدد كبير من الأشكال والأنواع... وتظهر مقدرة ذرات الكربون على الارتباط مع بعضها وإعطاء المركبات المعقدة جليةً من خلال كل المركبات المعروفة لهذا العنصر... لا يفوق الكربون أي من العناصر الأخرى في عملية الكثرة Polymérisation والتعقيد... يُعطي زوج العناصر المؤلف من الكربون والهيدروجين عدداً هائلاً للغاية من المركبات، لا يفوقه مركبات أي زوج آخر من العناصر الكيميائية.

وفي الواقع، تستطيع ذرات الكربون أن ترتبط مع بعضها ومع ذرات العناصر الأخرى بطرق وأشكال مختلفة، معطية بذلك عدداً يفوق الوصف من المواد المختلفة.

في الجو المحيط بالكرة الأرضية هناك حوالى  $2,3 \times 10^{10}$  طن من غاز ثاني أكسيد الكربون  $CO_2$ . الناتج الرئيسي لعمليات الاحتراق المختلفة وتنفس الكائنات الحية. والذي يُعتبر المصدر الرئيسي للكربون بالنسبة للنباتات. أما غاز أول أكسيد الكربون فهو يتشكل عند الاحتراق غير



الكربون - سيد الكيمياء العضوية دون منازع، فهو يستطيع أن يُعطي تنوعاً هائلاً من المركبات مع الهيدروجين والأكسجين والنيتروجين. العناصر الأكثر أهمية في أجسام كل الكائنات الحية. يظهر في الشكل مركب رباعي الغلوكوز (Glucose) الذي يوضح مقدرة الكربون على الارتباط مع بقية العناصر الحيوية الهامة.

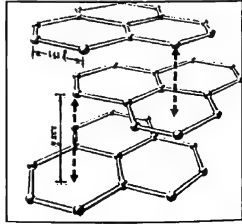
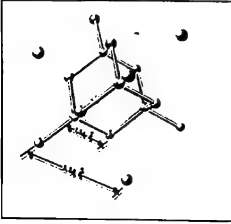


الكامل للوقود وغاز عوادم السيارات. وهو سام كونه ينفاس الأكسجين على الارتباط مع خضاب الدم Haémoglobine مما يؤدي إلى الاختناق في حال استنشاقه بكميات كبيرة.

#### - الاشكال التأصلية للكربون

هناك ثلاثة أشكال تأصلية allotropiques للكربون. الأول هو الألماس Diamond ذو البنية الفراغية المجسمة الضخمة، والثاني هو الغرافيت Graphite ذو البنية الفراغية المسطحة. أما الثالث فهو الكربين Carbine الذي يتواجد على شكلين مختلفين من حيث نوع وتسلسل الروابط بين ذرات الكربون. الألماس: الشكل المتبلور من الكربون، فلز

نادر يفوق في قساوته كل الفلزات الطبيعية والصنعية المعروفة عدا تبريد البور. وغني عن القول أن بلورات الألماس تُستعمل في صناعة الحلبي والمجوهرات. في نهاية القرن السابع عشر، حاول بعض الصياغ صهر القطع الصغيرة من الألماس بهدف تحويلها إلى قطعة ألماس واحدة. فما كان منهم إلا أن حرقوها بأشعة الشمس تحت عدسة زجاجية وكانت النتيجة أن اختفت قطع الألماس تماماً. وبعد هذه الحادثة بحوالي ١٠٠ عام، قام العالم لافوازييه Lavoisier بنفس التجربة في عام ١٧٢٢. وقال إن هذا العنصر النادر يحترق تماماً كما يحترق الفحم والفوسفور. وبقي تصنيع الألماس مستعصياً على الباحثين حتى العام ١٩٣٩ عندما قام الباحث السوفييتي ليبونسكي Leipounsky



تنظم ذرات الكربون اما على شكل ألماس Diamond (على اليمين) أو على شكل غرافيت Graphite (على اليسار).



الألماس والغرافيت. أين الثرى من الثريا!

ذرات الكربون الموجودة في مستوى واحد مع بعضها بقوة كبيرة، بينما ترتبط الذرات الموجودة في المستوى الذي تحتها أو فوقها بشكل ضعيف للغاية وتبعد عنها بـ ٢,٥ مرة أكبر من المسافة التي بين الذرات الموجودة في مستوى واحد. وهكذا يكفي تطبيق قوة صغيرة نسبياً لفصل طبقات بلورة الغرافيت عن بعضها وتحويلها إلى حراشف رقيقة. وهنا يكمن السبب في ترك أقلام الرصاص لآثارها على الورق. بينما لفصل ذرات الكربون الموجودة في مستوى واحد يلزم تطبيق قوة أكبر بكثير من القوة سالفة الذكر.

لا يتأثر الغرافيت بالحموض والقلويات حتى لو كانت ساخنة ومركزة. والقلوي

بحساب الشروط التي يتحول الغرافيت تحتها إلى ألماس (ضغط ٦٠٠٠٠ جوي وحرارة ١٦٠٠ - ٢٠٠٠ درجة مئوية). وفي الخمسينات من هذا القرن، في عدة دول من العالم وبنفس الوقت تقريباً، تم الحصول على الألماس. ويستطيع معمل واحد في أيامنا هذه إنتاج حوالي ٢٠٠٠ قيراط من الألماس في اليوم الواحد (القيراط يساوي ٠.٢ غرام). من استخدامات الألماس المهمة، وضعه في رؤوس الحفارات العملاقة وأدوات الجليخ والقطع.

في الغرافيت Graphite، تنوضع ذرات الكربون في مستويات فراغية مختلفة، وترتبط



مناجم الفحم - في

الصورة تطهر الآلات الخديشة التي أصبحت تستخدم لاستخراج الفحم على مستويين مختلفين بالارتفاع في وقت واحد.





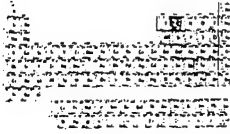
دورة الكربون في الطبيعة.

من الهواء الى النبات فالحيوان ثم الى الأرض مرة أخرى.

الوحيد الذي يشذ عن ذلك هو حمض الأزوت. وهو يتحمل درجات الحرارة العالية حتى حدود ٣٧٠٠ درجة مئوية. كما أن صفات نقل الكهرباء لديه أدت إلى استخدامه في مجالات التقنيات الكهربائية وتصنيع البارود والصناعات الذرية.

إن دور الكربون في حياة الإنسان هام للغاية ويفوق التصور. فالكربون ومركباته موجود في كل مكان، في الهواء والأرض وداخل النباتات والحيوانات وحتى في الملابس التي نرتديها والطعام الذي نتناوله.

## السيليوم Silicium



|        |                |
|--------|----------------|
| Si     | الرمز          |
| ١٤     | العدد الذري    |
| ٢٨,٠٨٦ | الكتلة الذرية  |
| ١٤١٧   | حرارة الانصهار |
| ٢٦٠٠   | حرارة الغليان  |

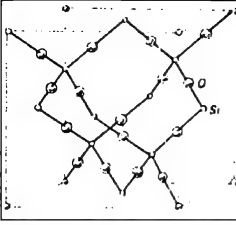
اكتُشف السيليوم لأول مرة، كعنصر كيميائي مستقل بذاته في العام ١٨٢٥ من قبل العالم السويدي برزيليوس Berzelius (١٧٧٩ - ١٨٤٨). وكان غي - لوساك الفرنسي قد سبقه إلى ذلك بحوالى ١٢ عاماً. إلا أنه حصل على السيليوم بشكل غير نقي.

- التواجد في الطبيعة

٢٩,٥٪ من كتلة القشرة الأرضية). وأحد أهم العناصر في الطبيعة غير الحية. حيث تشكل مركباته المسماة سيليكات Silicates

السيليوم ثاني عنصر من حيث الانتشار في الطبيعة بعد الأكسجين (يشكل حوالى

## الكيمياء اللاعضوية

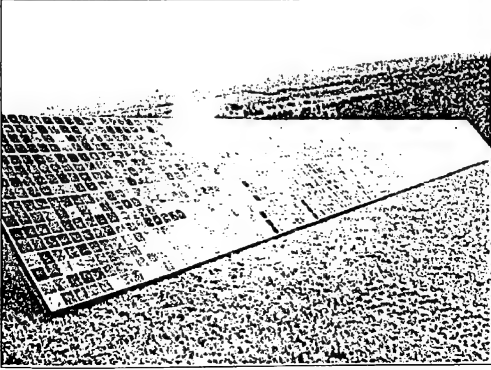


تجتمع ذرة سيلسيوم واحدة مع ذرتين من  
الاكسجين لتشكيل جزيء السيليس  $SiO_2$ .

والمينوسيليكات aluminosilicates حوالي  
٧٥٪ من كتلة القشرة الأرضية. وهي دائماً  
تحتوي عنصر الأكسجين وأكسيد  
السيليوم. فعالية السيليوم الكيميائية  
ضعيفة للغاية. ففي درجة حرارة الغرفة  
يتفاعل مع الفلور فقط، ولدى تسخينه  
يتفاعل مع الأكسجين والهالوجينات  
والكبريت.

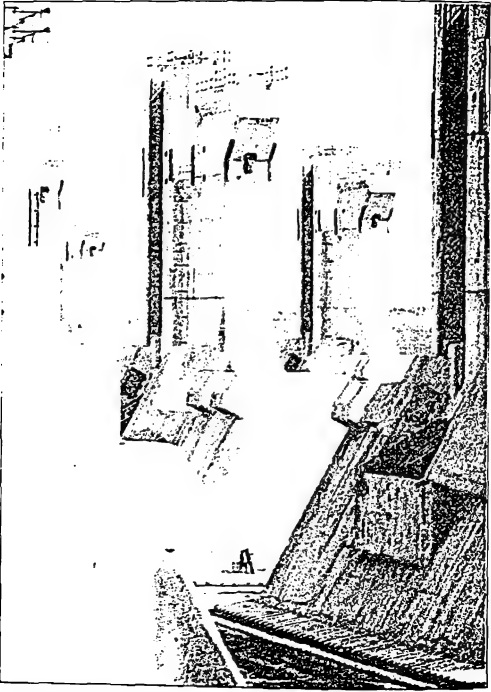
النواقل في العالم. وهو موجود دائماً في  
أجهزة الراديو والبطاريات الشمسية. حيث

الفوائد والاستخدامات  
إن السيليوم النقي أحد أهم أنصاف

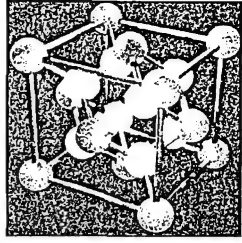
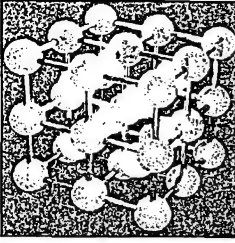


البطاريات الشمسية أحد أهم استخدامات السيليوم في العالم.





لولا الرمل (أكسيد السيليوم) الذي نقشه شينا قليل الأهمية، لما استطاع الإنسان إنشاء المباني البيوتونية  
والخرسانية الضخمة.  
(البيتون beton - مادة بناء تُحضّر بخلط الأسمنت مع الرمل والماء والخصي).



يمكن التحكم بارتباط الحديد مع السيليوم لاستباط أشكال جديدة من أنصاف النواقل ذات الحركة العالية، الهامة في مجال الصناعة الالكترونية (السيليوم بالأصفر والحديد بالأحمر).

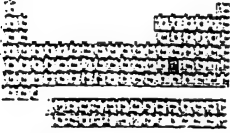
الكريستال الجبلي، الذي نظراً لأهميته أنشئت مصانع خاصة لإنتاجه وتحضيره للاستخدام في مختلف مجالات الصناعة. أما الميكافهي عبارة عن سيليكات تحوي عناصر الألمنيوم والبوتاسيوم والمغنيزيوم وهي تستعمل كعازل isolateur ممتاز للكهرباء. من مركبات السيليسيوم الهامة الأخرى، نذكر كربيد السيليسيوم SiC. المادة البلورية فائقة القساوة والمقاومة لدرجات الحرارة المرتفعة جداً، التي منها تُصنع قطعاعات المعادن الثقيلة. وسيكة السيليسيوم مع الحديد المعروفة باسم فيروسيليس Ferrosilice.

تستطيع هذه البطاريات السيليسية تحويل حتى ١٥٪ من الطاقة الشمسية التي تسقط عليها إلى طاقة كهربائية. ومن هنا، نجد في المركبات الفضائية والمركبات التي تسير على سطح القمر والأقمار الصناعية بلورات السيليسيوم متحدة مع بعضها على شكل ما يعرف باسم البطاريات الشمسية. من أكسيد السيليسيوم (الرمل النقي) يتم إنتاج الزجاج الكوارتزي للأجهزة البصرية فائقة الحساسية وتحضير الأوعية المخبرية المقاومة للحرارة وأجهزة الإنارة. كما تُعرف بلورات السيليسيوم كبيرة الحجم باسم

## الفصل الثاني

## المعادن

## القصدير Stannum



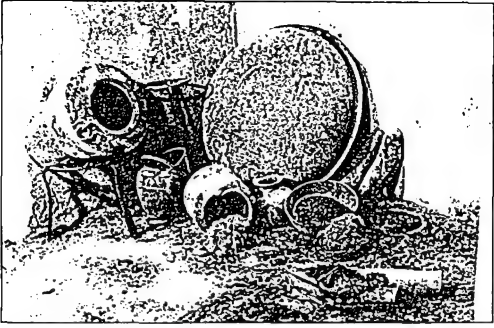
|        |                |
|--------|----------------|
| Sn     | الرمز          |
| ٥٠     | العدد الذري    |
| ١١٨.٧٠ | الكتلة الذرية  |
| ٢٣١.٩  | حرارة الانصهار |
| ٢٦٢.٠  | حرارة الغليان  |

القصدير واحد من السبعة معادن الأكثر شهرة وإغراقاً في القدم. وسبيكة هذا المعدن مع النحاس أو ما يعرف باسم البرونز BRONZE استُخدمت لأول مرة منذ ما يزيد عن ٤٠٠٠ عاماً وبقيت تُستخدم حتى أيامنا هذه. لقد لعب القصدير دوراً هاماً في تطور البشرية، وما اسم العصر البرونزي الذي يدل على الفترة الواقعة ما بين ٣٠٠٠ و ١٠٠٠ عام قبل الميلاد، إلا دليل واضح على أهمية هذا العنصر في التاريخ.

الطبيعة، يوجد ضمن تركيب حوالى ٢٤ فلز أهمها على الإطلاق فلز الكاسيتريت Cassitérite ذو الصيغة  $\text{SnO}_2$ . وهو معدن مرن لدن للغاية أبيض اللون ذو بريق فضي. وله مظهران خارجيان يختلفان عن

التواجد في الطبيعة

القصدير عنصر متوسط الانتشار في



صورة غرفة مدفن فيليب الثاني Philippe II والد الاسكندر المكدوني. وفيها تظهر كمية كبيرة من أوعية البرونز ذات الاستخدامات المختلفة.

بعضهما بصفة هامة للغاية هي صفة التآكل والتراص. فالقصدير الأبيض عادة (الشكل بيتا -  $\beta$ ) متين ومتراص يتواجد في درجات الحرارة ما فوق ١٤ مئوية، أما دون ذلك فهو يتحول ببطء إلى النوع الرمادي (الشكل ألفا -  $\alpha$ ) قليل التماسك الذي يتحول بسرعة رهيبية إلى رماد حوالى الدرجة ٣٠ مئوية. ولقد دُعيت هذه الظاهرة في السابق باسم «طاعون القصدير» لما أدت إليه في السابق من حوادث مأساوية كان منها على سبيل المثال مصرع حملة سكوت الشهيرة

إلى القطب الجنوبي في العام ١٩١٢ بسبب نفاذ الوقود نظراً لتحول صفائح المحركات القصديرية إلى القصدير الرمادي النش مما أدى إلى تسرب محتوياتها بسرعة أثناء عودة الحملة. لقد تم التغلب على هذه الظاهرة اليوم عن طريق مزج القصدير مع عنصر البزموت Bismuth والرصاص والانتيد. وإن Antimon

- الصفات الكيميائية والاستخدامات إن مقاومة القصدير للمواد الكيميائية

بعضهما بصفة هامة للغاية هي صفة التآكل والتراص. فالقصدير الأبيض عادة (الشكل بيتا -  $\beta$ ) متين ومتراص يتواجد في درجات الحرارة ما فوق ١٤ مئوية، أما دون ذلك فهو يتحول ببطء إلى النوع الرمادي (الشكل ألفا -  $\alpha$ ) قليل التماسك الذي يتحول بسرعة رهيبية إلى رماد حوالى الدرجة ٣٠ مئوية. ولقد دُعيت هذه الظاهرة في السابق باسم «طاعون القصدير» لما أدت إليه في السابق من حوادث مأساوية كان منها على سبيل المثال مصرع حملة سكوت الشهيرة

المخرشة كالحموض والأسس عالية. وهو لا يتأكسد بالهواء إذ تحمي طبقة أكسيد القصدير الرقيقة  $\text{SnO}_2$  ما داخل المعدن من استمرار التآكل. لقد استفادت الصناعات الغذائية من صفة مقاومة القصدير وأكسيده  $\text{SnO}_2$  للحموض العضوية والغذائية والأملاح التي تشكلها، فاستخدمت هذه المواد وبكثرة في صناعة الملبات لدرجة أن القصدير دُعي لفترة من الفترات بمعدن الملبات. إلا أن استعمال القصدير في صناعة صفائح الملبات وطلائها لا يُقارن من حيث الحجم مع استعماله في عمليات لحام المعادن وتصنيع السبائك المعدنية المختلفة.



بقيت لعب الأطفال ولفترة طويلة تصنع من القصدير (جنود القصدير) كما أن هذا المعدن ما زال يُستعمل حتى الآن بهدف تبييض «الأواني المطبخية».

|     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| ١١٢ | ١١٣ | ١١٤ | ١١٥ | ١١٦ | ١١٧ | ١١٨ | ١١٩ | ١٢٠ | ١٢١ | ١٢٢ | ١٢٣ | ١٢٤ | ١٢٥ | ١٢٦ | ١٢٧ | ١٢٨ | ١٢٩ | ١٣٠ | ١٣١ | ١٣٢ | ١٣٣ | ١٣٤ | ١٣٥ | ١٣٦ | ١٣٧ | ١٣٨ | ١٣٩ | ١٤٠ | ١٤١ | ١٤٢ | ١٤٣ | ١٤٤ | ١٤٥ | ١٤٦ | ١٤٧ | ١٤٨ | ١٤٩ | ١٥٠ | ١٥١ | ١٥٢ | ١٥٣ | ١٥٤ | ١٥٥ | ١٥٦ | ١٥٧ | ١٥٨ | ١٥٩ | ١٦٠ | ١٦١ | ١٦٢ | ١٦٣ | ١٦٤ | ١٦٥ | ١٦٦ | ١٦٧ | ١٦٨ | ١٦٩ | ١٧٠ | ١٧١ | ١٧٢ | ١٧٣ | ١٧٤ | ١٧٥ | ١٧٦ | ١٧٧ | ١٧٨ | ١٧٩ | ١٨٠ | ١٨١ | ١٨٢ | ١٨٣ | ١٨٤ | ١٨٥ | ١٨٦ | ١٨٧ | ١٨٨ | ١٨٩ | ١٩٠ | ١٩١ | ١٩٢ | ١٩٣ | ١٩٤ | ١٩٥ | ١٩٦ | ١٩٧ | ١٩٨ | ١٩٩ | ٢٠٠ | ٢٠١ | ٢٠٢ | ٢٠٣ | ٢٠٤ | ٢٠٥ | ٢٠٦ | ٢٠٧ | ٢٠٨ | ٢٠٩ | ٢١٠ | ٢١١ | ٢١٢ | ٢١٣ | ٢١٤ | ٢١٥ | ٢١٦ | ٢١٧ | ٢١٨ | ٢١٩ | ٢٢٠ | ٢٢١ | ٢٢٢ | ٢٢٣ | ٢٢٤ | ٢٢٥ | ٢٢٦ | ٢٢٧ | ٢٢٨ | ٢٢٩ | ٢٣٠ | ٢٣١ | ٢٣٢ | ٢٣٣ | ٢٣٤ | ٢٣٥ | ٢٣٦ | ٢٣٧ | ٢٣٨ | ٢٣٩ | ٢٤٠ | ٢٤١ | ٢٤٢ | ٢٤٣ | ٢٤٤ | ٢٤٥ | ٢٤٦ | ٢٤٧ | ٢٤٨ | ٢٤٩ | ٢٥٠ | ٢٥١ | ٢٥٢ | ٢٥٣ | ٢٥٤ | ٢٥٥ | ٢٥٦ | ٢٥٧ | ٢٥٨ | ٢٥٩ | ٢٦٠ | ٢٦١ | ٢٦٢ | ٢٦٣ | ٢٦٤ | ٢٦٥ | ٢٦٦ | ٢٦٧ | ٢٦٨ | ٢٦٩ | ٢٧٠ | ٢٧١ | ٢٧٢ | ٢٧٣ | ٢٧٤ | ٢٧٥ | ٢٧٦ | ٢٧٧ | ٢٧٨ | ٢٧٩ | ٢٨٠ | ٢٨١ | ٢٨٢ | ٢٨٣ | ٢٨٤ | ٢٨٥ | ٢٨٦ | ٢٨٧ | ٢٨٨ | ٢٨٩ | ٢٩٠ | ٢٩١ | ٢٩٢ | ٢٩٣ | ٢٩٤ | ٢٩٥ | ٢٩٦ | ٢٩٧ | ٢٩٨ | ٢٩٩ | ٣٠٠ | ٣٠١ | ٣٠٢ | ٣٠٣ | ٣٠٤ | ٣٠٥ | ٣٠٦ | ٣٠٧ | ٣٠٨ | ٣٠٩ | ٣١٠ | ٣١١ | ٣١٢ | ٣١٣ | ٣١٤ | ٣١٥ | ٣١٦ | ٣١٧ | ٣١٨ | ٣١٩ | ٣٢٠ | ٣٢١ | ٣٢٢ | ٣٢٣ | ٣٢٤ | ٣٢٥ | ٣٢٦ | ٣٢٧ | ٣٢٨ | ٣٢٩ | ٣٣٠ | ٣٣١ | ٣٣٢ | ٣٣٣ | ٣٣٤ | ٣٣٥ | ٣٣٦ | ٣٣٧ | ٣٣٨ | ٣٣٩ | ٣٤٠ | ٣٤١ | ٣٤٢ | ٣٤٣ | ٣٤٤ | ٣٤٥ | ٣٤٦ | ٣٤٧ | ٣٤٨ | ٣٤٩ | ٣٥٠ | ٣٥١ | ٣٥٢ | ٣٥٣ | ٣٥٤ | ٣٥٥ | ٣٥٦ | ٣٥٧ | ٣٥٨ | ٣٥٩ | ٣٦٠ | ٣٦١ | ٣٦٢ | ٣٦٣ | ٣٦٤ | ٣٦٥ | ٣٦٦ | ٣٦٧ | ٣٦٨ | ٣٦٩ | ٣٧٠ | ٣٧١ | ٣٧٢ | ٣٧٣ | ٣٧٤ | ٣٧٥ | ٣٧٦ | ٣٧٧ | ٣٧٨ | ٣٧٩ | ٣٨٠ | ٣٨١ | ٣٨٢ | ٣٨٣ | ٣٨٤ | ٣٨٥ | ٣٨٦ | ٣٨٧ | ٣٨٨ | ٣٨٩ | ٣٩٠ | ٣٩١ | ٣٩٢ | ٣٩٣ | ٣٩٤ | ٣٩٥ | ٣٩٦ | ٣٩٧ | ٣٩٨ | ٣٩٩ | ٤٠٠ | ٤٠١ | ٤٠٢ | ٤٠٣ | ٤٠٤ | ٤٠٥ | ٤٠٦ | ٤٠٧ | ٤٠٨ | ٤٠٩ | ٤١٠ | ٤١١ | ٤١٢ | ٤١٣ | ٤١٤ | ٤١٥ | ٤١٦ | ٤١٧ | ٤١٨ | ٤١٩ | ٤٢٠ | ٤٢١ | ٤٢٢ | ٤٢٣ | ٤٢٤ | ٤٢٥ | ٤٢٦ | ٤٢٧ | ٤٢٨ | ٤٢٩ | ٤٣٠ | ٤٣١ | ٤٣٢ | ٤٣٣ | ٤٣٤ | ٤٣٥ | ٤٣٦ | ٤٣٧ | ٤٣٨ | ٤٣٩ | ٤٤٠ | ٤٤١ | ٤٤٢ | ٤٤٣ | ٤٤٤ | ٤٤٥ | ٤٤٦ | ٤٤٧ | ٤٤٨ | ٤٤٩ | ٤٥٠ | ٤٥١ | ٤٥٢ | ٤٥٣ | ٤٥٤ | ٤٥٥ | ٤٥٦ | ٤٥٧ | ٤٥٨ | ٤٥٩ | ٤٦٠ | ٤٦١ | ٤٦٢ | ٤٦٣ | ٤٦٤ | ٤٦٥ | ٤٦٦ | ٤٦٧ | ٤٦٨ | ٤٦٩ | ٤٧٠ | ٤٧١ | ٤٧٢ | ٤٧٣ | ٤٧٤ | ٤٧٥ | ٤٧٦ | ٤٧٧ | ٤٧٨ | ٤٧٩ | ٤٨٠ | ٤٨١ | ٤٨٢ | ٤٨٣ | ٤٨٤ | ٤٨٥ | ٤٨٦ | ٤٨٧ | ٤٨٨ | ٤٨٩ | ٤٩٠ | ٤٩١ | ٤٩٢ | ٤٩٣ | ٤٩٤ | ٤٩٥ | ٤٩٦ | ٤٩٧ | ٤٩٨ | ٤٩٩ | ٥٠٠ | ٥٠١ | ٥٠٢ | ٥٠٣ | ٥٠٤ | ٥٠٥ | ٥٠٦ | ٥٠٧ | ٥٠٨ | ٥٠٩ | ٥١٠ | ٥١١ | ٥١٢ | ٥١٣ | ٥١٤ | ٥١٥ | ٥١٦ | ٥١٧ | ٥١٨ | ٥١٩ | ٥٢٠ | ٥٢١ | ٥٢٢ | ٥٢٣ | ٥٢٤ | ٥٢٥ | ٥٢٦ | ٥٢٧ | ٥٢٨ | ٥٢٩ | ٥٣٠ | ٥٣١ | ٥٣٢ | ٥٣٣ | ٥٣٤ | ٥٣٥ | ٥٣٦ | ٥٣٧ | ٥٣٨ | ٥٣٩ | ٥٤٠ | ٥٤١ | ٥٤٢ | ٥٤٣ | ٥٤٤ | ٥٤٥ | ٥٤٦ | ٥٤٧ | ٥٤٨ | ٥٤٩ | ٥٥٠ | ٥٥١ | ٥٥٢ | ٥٥٣ | ٥٥٤ | ٥٥٥ | ٥٥٦ | ٥٥٧ | ٥٥٨ | ٥٥٩ | ٥٦٠ | ٥٦١ | ٥٦٢ | ٥٦٣ | ٥٦٤ | ٥٦٥ | ٥٦٦ | ٥٦٧ | ٥٦٨ | ٥٦٩ | ٥٧٠ | ٥٧١ | ٥٧٢ | ٥٧٣ | ٥٧٤ | ٥٧٥ | ٥٧٦ | ٥٧٧ | ٥٧٨ | ٥٧٩ | ٥٨٠ | ٥٨١ | ٥٨٢ | ٥٨٣ | ٥٨٤ | ٥٨٥ | ٥٨٦ | ٥٨٧ | ٥٨٨ | ٥٨٩ | ٥٩٠ | ٥٩١ | ٥٩٢ | ٥٩٣ | ٥٩٤ | ٥٩٥ | ٥٩٦ | ٥٩٧ | ٥٩٨ | ٥٩٩ | ٦٠٠ | ٦٠١ | ٦٠٢ | ٦٠٣ | ٦٠٤ | ٦٠٥ | ٦٠٦ | ٦٠٧ | ٦٠٨ | ٦٠٩ | ٦١٠ | ٦١١ | ٦١٢ | ٦١٣ | ٦١٤ | ٦١٥ | ٦١٦ | ٦١٧ | ٦١٨ | ٦١٩ | ٦٢٠ | ٦٢١ | ٦٢٢ | ٦٢٣ | ٦٢٤ | ٦٢٥ | ٦٢٦ | ٦٢٧ | ٦٢٨ | ٦٢٩ | ٦٣٠ | ٦٣١ | ٦٣٢ | ٦٣٣ | ٦٣٤ | ٦٣٥ | ٦٣٦ | ٦٣٧ | ٦٣٨ | ٦٣٩ | ٦٤٠ | ٦٤١ | ٦٤٢ | ٦٤٣ | ٦٤٤ | ٦٤٥ | ٦٤٦ | ٦٤٧ | ٦٤٨ | ٦٤٩ | ٦٥٠ | ٦٥١ | ٦٥٢ | ٦٥٣ | ٦٥٤ | ٦٥٥ | ٦٥٦ | ٦٥٧ | ٦٥٨ | ٦٥٩ | ٦٦٠ | ٦٦١ | ٦٦٢ | ٦٦٣ | ٦٦٤ | ٦٦٥ | ٦٦٦ | ٦٦٧ | ٦٦٨ | ٦٦٩ | ٦٧٠ | ٦٧١ | ٦٧٢ | ٦٧٣ | ٦٧٤ | ٦٧٥ | ٦٧٦ | ٦٧٧ | ٦٧٨ | ٦٧٩ | ٦٨٠ | ٦٨١ | ٦٨٢ | ٦٨٣ | ٦٨٤ | ٦٨٥ | ٦٨٦ | ٦٨٧ | ٦٨٨ | ٦٨٩ | ٦٩٠ | ٦٩١ | ٦٩٢ | ٦٩٣ | ٦٩٤ | ٦٩٥ | ٦٩٦ | ٦٩٧ | ٦٩٨ | ٦٩٩ | ٧٠٠ | ٧٠١ | ٧٠٢ | ٧٠٣ | ٧٠٤ | ٧٠٥ | ٧٠٦ | ٧٠٧ | ٧٠٨ | ٧٠٩ | ٧١٠ | ٧١١ | ٧١٢ | ٧١٣ | ٧١٤ | ٧١٥ | ٧١٦ | ٧١٧ | ٧١٨ | ٧١٩ | ٧٢٠ | ٧٢١ | ٧٢٢ | ٧٢٣ | ٧٢٤ | ٧٢٥ | ٧٢٦ | ٧٢٧ | ٧٢٨ | ٧٢٩ | ٧٣٠ | ٧٣١ | ٧٣٢ | ٧٣٣ | ٧٣٤ | ٧٣٥ | ٧٣٦ | ٧٣٧ | ٧٣٨ | ٧٣٩ | ٧٤٠ | ٧٤١ | ٧٤٢ | ٧٤٣ | ٧٤٤ | ٧٤٥ | ٧٤٦ | ٧٤٧ | ٧٤٨ | ٧٤٩ | ٧٥٠ | ٧٥١ | ٧٥٢ | ٧٥٣ | ٧٥٤ | ٧٥٥ | ٧٥٦ | ٧٥٧ | ٧٥٨ | ٧٥٩ | ٧٦٠ | ٧٦١ | ٧٦٢ | ٧٦٣ | ٧٦٤ | ٧٦٥ | ٧٦٦ | ٧٦٧ | ٧٦٨ | ٧٦٩ | ٧٧٠ | ٧٧١ | ٧٧٢ | ٧٧٣ | ٧٧٤ | ٧٧٥ | ٧٧٦ | ٧٧٧ | ٧٧٨ | ٧٧٩ | ٧٨٠ | ٧٨١ | ٧٨٢ | ٧٨٣ | ٧٨٤ | ٧٨٥ | ٧٨٦ | ٧٨٧ | ٧٨٨ | ٧٨٩ | ٧٩٠ | ٧٩١ | ٧٩٢ | ٧٩٣ | ٧٩٤ | ٧٩٥ | ٧٩٦ | ٧٩٧ | ٧٩٨ | ٧٩٩ | ٨٠٠ | ٨٠١ | ٨٠٢ | ٨٠٣ | ٨٠٤ | ٨٠٥ | ٨٠٦ | ٨٠٧ | ٨٠٨ | ٨٠٩ | ٨١٠ | ٨١١ | ٨١٢ | ٨١٣ | ٨١٤ | ٨١٥ | ٨١٦ | ٨١٧ | ٨١٨ | ٨١٩ | ٨٢٠ | ٨٢١ | ٨٢٢ | ٨٢٣ | ٨٢٤ | ٨٢٥ | ٨٢٦ | ٨٢٧ | ٨٢٨ | ٨٢٩ | ٨٣٠ | ٨٣١ | ٨٣٢ | ٨٣٣ | ٨٣٤ | ٨٣٥ | ٨٣٦ | ٨٣٧ | ٨٣٨ | ٨٣٩ | ٨٤٠ | ٨٤١ | ٨٤٢ | ٨٤٣ | ٨٤٤ | ٨٤٥ | ٨٤٦ | ٨٤٧ | ٨٤٨ | ٨٤٩ | ٨٥٠ | ٨٥١ | ٨٥٢ | ٨٥٣ | ٨٥٤ | ٨٥٥ | ٨٥٦ | ٨٥٧ | ٨٥٨ | ٨٥٩ | ٨٦٠ | ٨٦١ | ٨٦٢ | ٨٦٣ | ٨٦٤ | ٨٦٥ | ٨٦٦ | ٨٦٧ | ٨٦٨ | ٨٦٩ | ٨٧٠ | ٨٧١ | ٨٧٢ | ٨٧٣ | ٨٧٤ | ٨٧٥ | ٨٧٦ | ٨٧٧ | ٨٧٨ | ٨٧٩ | ٨٨٠ | ٨٨١ | ٨٨٢ | ٨٨٣ | ٨٨٤ | ٨٨٥ | ٨٨٦ | ٨٨٧ | ٨٨٨ | ٨٨٩ | ٨٩٠ | ٨٩١ | ٨٩٢ | ٨٩٣ | ٨٩٤ | ٨٩٥ | ٨٩٦ | ٨٩٧ | ٨٩٨ | ٨٩٩ | ٩٠٠ | ٩٠١ | ٩٠٢ | ٩٠٣ | ٩٠٤ | ٩٠٥ | ٩٠٦ | ٩٠٧ | ٩٠٨ | ٩٠٩ | ٩١٠ | ٩١١ | ٩١٢ | ٩١٣ | ٩١٤ | ٩١٥ | ٩١٦ | ٩١٧ | ٩١٨ | ٩١٩ | ٩٢٠ | ٩٢١ | ٩٢٢ | ٩٢٣ | ٩٢٤ | ٩٢٥ | ٩٢٦ | ٩٢٧ | ٩٢٨ | ٩٢٩ | ٩٣٠ | ٩٣١ | ٩٣٢ | ٩٣٣ | ٩٣٤ | ٩٣٥ | ٩٣٦ | ٩٣٧ | ٩٣٨ | ٩٣٩ | ٩٤٠ | ٩٤١ | ٩٤٢ | ٩٤٣ | ٩٤٤ | ٩٤٥ | ٩٤٦ | ٩٤٧ | ٩٤٨ | ٩٤٩ | ٩٥٠ | ٩٥١ | ٩٥٢ | ٩٥٣ | ٩٥٤ | ٩٥٥ | ٩٥٦ | ٩٥٧ | ٩٥٨ | ٩٥٩ | ٩٦٠ | ٩٦١ | ٩٦٢ | ٩٦٣ | ٩٦٤ | ٩٦٥ | ٩٦٦ | ٩٦٧ | ٩٦٨ | ٩٦٩ | ٩٧٠ | ٩٧١ | ٩٧٢ | ٩٧٣ | ٩٧٤ | ٩٧٥ | ٩٧٦ | ٩٧٧ | ٩٧٨ | ٩٧٩ | ٩٨٠ | ٩٨١ | ٩٨٢ | ٩٨٣ | ٩٨٤ | ٩٨٥ | ٩٨٦ | ٩٨٧ | ٩٨٨ | ٩٨٩ | ٩٩٠ | ٩٩١ | ٩٩٢ | ٩٩٣ | ٩٩٤ | ٩٩٥ | ٩٩٦ | ٩٩٧ | ٩٩٨ | ٩٩٩ | ١٠٠٠ |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|

الرمز Pb

العدد الذري ٨٢

الكتلة الذرية ٢٠٧.١٩

حرارة الانصهار ٣٢٧.٤

حرارة الغليان ١٧٢٥

١٨  
لا عضوية



لقد سكت علة الطعام هذه في الأرض ٨٠ عاما تماما  
ففي العام ١٩٠٠ كان هناك حملة روسية الى القطب  
الشمالي وقد أقامت هذه الحملة مخزنها الغذائي في ش  
جزيرة تايير Taimyr في سيبيريا. ولم تستخدمها نظر  
للبرد الشديد. وفي العام ١٩٨٠ وجدت هذه العلة  
صدفة من قبل حملة أخرى. وتبين أنها كانت بحال  
جيدة وأن الطعام فيها كان قابلا للأكل. اني تبين العلة  
فلز الكاسيتريت Cassitérite ذو الصيغة  $\text{SnO}_2$

يستخدم العديد من الحكومات شبكة  
البرونز لصنع وسك عملاتها المعدنية.



فلز الغالينا Galena أو كبريت الرصاص الأزرق.

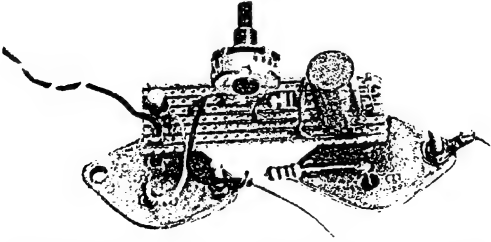
الأشعة السينية  $\text{Rayons X}$  والإشعاعات الذرية. لذا، فهو يستعمل كدروع واقية من هذه الأشعة. ويُستعمل رباعي إيثيل الرصاص  $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$  كمادة مضادة للانفجار في وقود المحركات علماً بأنه سامٌ للغاية.

إن مركبات الرصاص كسواها من مركبات المعادن الثقيلة سامة للغاية. لكن بعضها يُستخدم كدواء بجرعات صغيرة طبعاً.

فلز الغالينا Galena ذو الصيغة  $\text{PbS}$  الهش الذي يتميز ببريق معدني مزرق. الرصاص النقي لادن تماماً يمكن قطعه بالسكين وخدشه بالأظافر. وتكون المصنوعات الرصاصية كالحة اللون بسبب تشكل أكاسيد الرصاص  $\text{PbO}$  على سطحها الأمر الذي يحمي داخل المعدن من التأكسد والتآكل.

#### - الصفات الكيميائية والفوائد

لا يتأثر الرصاص بالحموض الممددة بل بالحموض الكثيفة الساخنة فقط وهو سهل الانصهار والتصنيع. يُستخدم بكثرة في صناعة المكثفات الكهربائية الرصاصية وتغطية الكابلات الكهربائية وطلاء داخل الأجهزة المختلفة. كما أن الرصاص يمتص

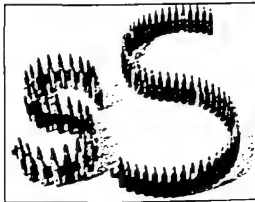


من استعمالات الرصاص المختلفة والمتعددة أنه يدخل في صناعة الأجيّة الإلكترونية وتغطية أسلاك اتصال الطاقة الكهربائية.



يُستعمل الرصاص في صناعة أحرف الطاعة  
وتركيب العديد من الدهانات. حيث يعتبر أكسيد  
الرصاص  $\text{PbO}_2$  واحد من أهم الدهانات الحمراء  
وصناعة أصباغ الألوان الزيتية  
وغيرها.

١٠٠



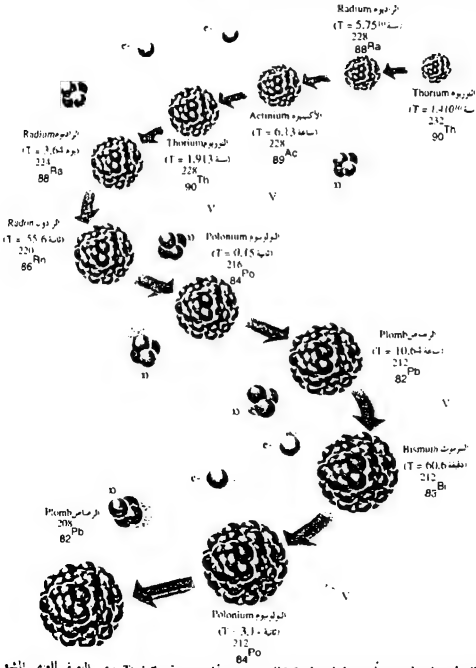
يُستعمل الرصاص في صناعة القدائف النارية كما  
تعتبر مادة أزيد الرصاص  $\text{PhN}_3$  إحدى المواد  
المستخدمة كمواضع للمواد المتفجرة



## الكيمياء اللاعضوية

وبعض السم دواء. ولنتذكر مثلاً الفسول والخارجية الرصاصية المستخدمة أثناء الرضوض واللصاقات الرصاصية التي

Antiseptique.

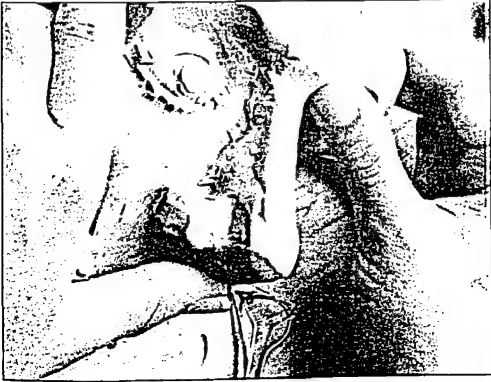


تنتهي مجموعات العناصر المشعة بالظواهر المستقرة للرصاص بعد أن تتم دورة حياتها. ( $T$  - عمر النصف للعنصر المشع)

## الألمنيوم Aluminium

|        |    |                |
|--------|----|----------------|
| ١٣     | Al | الألمنيوم      |
| ٢٦.٩٨١ |    | الرمز          |
| ١٣     |    | العدد الذري    |
| ٢٦.٩٨١ |    | الكتلة الذرية  |
| ٩٦٠    |    | حرارة الانصهار |
| ٢٥٠٠   |    | حرارة الغليان  |

في القشرة الأرضية هناك ٨.٨٠٪ من الألمنيوم. العنصر الثالث من حيث الانتشار بعد الأكسجين والسيليوم. والذي يدخل في تركيب الصلصال والغضار والنيكا. أما الفلز الأكثر أهمية الذي يحتوي عليه فهو البوكسيت  $Al_2O_3 \cdot nH_2O$  الذي يحتوي حوالي ربع وزنه من الألمنيوم النقي. الألمنيوم أكثر المعادن انتشاراً في الطبيعة.



من مركبات الألمنيوم الأكثر أهمية أكسيد الألمنيوم  $Al_2O_3$  الذي يدخل في تركيب الغضار (الصلصال).

اكتُشف بشكله النقي لأول مرة عام ١٨٢٠ على يد تشاركي أريستد Orested. وفي العام ١٨٥٤ ابتكر الباحث الفرنسي سانتكلير دوفيل Sainte-Claire Deville طريقة للحصول على الأنيوم النقي بواسطة التحليل الكهربائي للمحاليل المائية التي تحتوي عليه.

#### - الصفات الفيزيائية والكيميائية

الأنيوم معدن خفيف (٢,٧ غرام/سم<sup>3</sup>) ذو بريق فضي جميل، جيد الناقلية للحرارة والكهرباء، وهو فعال كيميائياً، يتأكسد بسهولة بالأكسجين على السطح الخارجي فقط لأن أكسيد الأنيوم  $Al_2O_3$  يحمي ويغطى به المعدن الذي يقع تحته. ينحل الأنيوم في حمض كلور الماء وحمض الكبريت المخفف والمحاليل القلوية المائية ويتفاعل في درجة حرارة الغرفة مع الهالوجينات كلها.

قبل أن يتم الحصول على الأنيوم بشكله النقي المعروف وبوقت طويل، كان هذا المعدن غائباً ونادراً للغاية، وكان استخلاصه شاقاً جراء ارتباطه بقوة مع الأكسجين والعناصر الأخرى التي تكثر في قذراته الطبيعية. وحتى لفترة قصيرة خلت، كان يتوجب صرف كميات كبيرة من

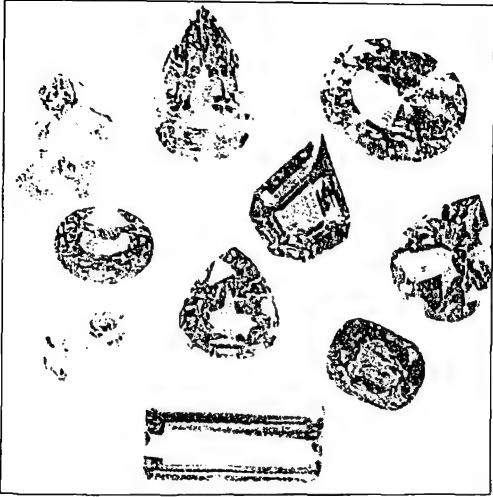
الطاقة للحصول عليه قبل أن يتم التحليل الكهربائي لأكسيد الأنيوم  $Al_2O_3$  تحت درجة حرارة تصل حتى ٢٠٥٠ مئوية.

إلا أن الباحثين تمكنوا فيما بعد من شكر طريقة فعالة لتخفيض درجة حرارة التحلل أكسيد الأنيوم (في البوكسيت Bauxite) عن طريق مزجه مع فلز الكربونيت Graphite المصهور الأمر الذي جعل هذه الدرجة تصل حتى ٩٥٠ فقط. وقد أدت هذه الطريقة المذكية إلى جعل الأنيوم من أرخص المعادن وأسهل تدولاً.

#### - الفوائد والاستخدامات

يُستعمل منه كبير من الأنيوم المنتج في العالم للحصول على السبائك وخليط الخفيفة والخشنة في آنٍ معاً، وهو المعدن الرئيسي في عالم صناعة الطيران. كما أنه مهم لصناعة السيارات والأوعية المنزلية وفي الصناعات الكيميائية والكهربائية. وكل ذلك بفضل الصفات التقنية التي يتمتع بها الأنيوم والتي تلخص بالبنود التالية:

(١) خفة الوزن والمتانة، التي تزداد بعد مزجه مع بعض المعادن الأخرى كالتيتانيوم والمغنيزيوم والنحاس.

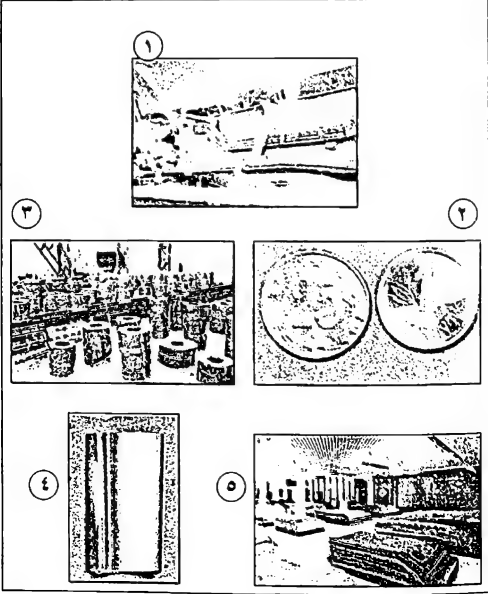


يتواجد الألمنيوم في معظم هذه الأحجار الكريمة الجميلة. فهو يدخل في تركيب التورمالين الأخضر والأصفر Tourmaline (يسار وأعلى الصورة) على شكل بوروسيليكات الألمنيوم. والكريستوبريل Chrysoberyl (يسار ومتنصف الصورة) على شكل ألومينات التريليوم. والسينيل Spinell (الحجر الأزرق) في أسفل ومتنصف الصورة) على شكل ألومينات المغنيزيوم. والروبن الأحمر Rubis (يمين وأسفل الصورة) على شكل أكسيد الألمنيوم. والتوباز Topaz (أسفل ومتنصف الصورة)، على شكل سيليكات الألمنيوم المغلورة.

- (٢) الألمنيوم لا يصدأ ولا يتآكل بسبب حماية طبقة أكسيد الألمنيوم  $Al_2O_3$  المتشكلة على السطح، لباقي جسم المعدن.
- (٣) الناقلة الجيدة للكهرباء والحرارة.
- (٤) قابلية التصنيع العالية. فهو قابل للطرق والسحب والتصفيح والكبس بسهولة واضحة في درجة الحرارة الطبيعية أو مع القليل من التسخين.

## الكيمياء اللاعضوية

- من أوجه استعمال الألمنيوم:
- ١ - التمديدات الكهربائية
  - ٢ - سلك النقود والسبائك الألمنيومية
  - ٣ - الأوعية والكؤوس المنزلية
  - ٤ - صنع الرقائق المعدنية للاستخدامات الصناعية
  - ٥ - صبغ الأقمشة والسجاد على شكل مركب كبريتات الألمنيوم الهيدروكسيدية  $KAL (SO_4)_2$



# الكيمياء اللاعضوية

## موشاة RIVET

تستخدم الموشاة لربط  
الصفائح المعدنية  
أو غيرها من المواد  
الصلابة. الموشاة  
تستخدم في  
البناء، الزراعة،  
السيارات، الخ.

## كمان ذو خروء TAB

هو قطعة معدنية  
تستخدم في  
ربط الصفائح  
المعدنية.

## غطاء LID

هو الغطاء الذي  
يغطي الفم  
من العلبة. الغطاء  
يستخدم في  
الحفاظ على  
المحتوى من  
التلف.

## رقبة NECK

هي الجزء العلوي  
من العلبة الذي  
يحتوي على  
الغطاء.

## فتحة مجزوة SCORED OPENING

هي الفتحة التي  
تستخدم في  
فتح العلبة  
بسهولة.

## جسم BODY

هو الجزء الرئيسي  
من العلبة الذي  
يحتوي على  
المحتوى. الجسم  
يستخدم في  
الحفاظ على  
المحتوى من  
التلف.

## حافة بارزة FLANGE

هي الحافة البارزة  
التي تستخدم في  
ربط الصفائح  
المعدنية.

## وصلة (لوحة) LABEL

هي اللوحة التي  
تستخدم في  
كتابة المعلومات  
على العلبة. الوصلة  
تستخدم في  
الحفاظ على  
المحتوى من  
التلف.

## قاعدة BASE

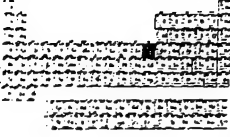
هي القاعدة التي  
تستخدم في  
ربط الصفائح  
المعدنية.



في تخطيط هذه الموشاة، الموشاة هي قطعة معدنية  
تستخدم في ربط الصفائح المعدنية. الموشاة هي  
قطعة معدنية تستخدم في ربط الصفائح المعدنية.

إن تشريح علبة المشروبات الخفيفة المصنوعة من الألمنيوم بين الخطوات التي يتعين على التصميم والهندسة  
تأخذها على محمل الجد. إن هدف صانعي العلبة هو تحقيق كمية الألمنيوم اللازمة من دون التضحية بكمال  
سبة العلبة. ومع أن وزن العلبة حالياً ٠.٤٨ أونصة تقريباً، فإن الصائغين يأملون بتحقيق وزنها نحو ٠.٢٠

## التوتياء Zincum



|       |                |
|-------|----------------|
| Zn    | الرمز          |
| ٣٠    | العدد الذري    |
| ٦٥.٣٨ | الكتلة الذرية  |
| ٤١٩.٥ | حرارة الانصهار |
| ٩٠٦   | حرارة الغليان  |



لوحة أثرية تمثل استخراج التوتياء في الصين.

درجة حرارة تصل حتى ١٠٠٠ - ١١٠٠ درجة مئوية. في حين أن درجة غليان التوتياء ٩٠٦ فقط. والذي كان يحدث هو تشكل أبخرة التوتياء ثم تفاعلها مباشرة مع أكسجين الجو وتحولها مرة أخرى إلى أكسيد التوتياء ZnO وهكذا دواليك إلى ما لا نهاية.

استطاع الإغريق منذ القرن الثاني ما قبل الميلاد صناعة الشبة النحاسية أو ما يُعرف باسم النحاس الأصفر Brass (خليط النحاس مع انتوتياء). وهناك ما يُشير إلى أن صناعة تعدين التوتياء واستخلاصه بشكل نقي كانت قد بدأت في الهند والصين منذ بدايات القرن الثاني عشر ميلادي... أما في أوروبا فقد تأخرت هذه الصناعة ولم تظهر إلا بعد ذلك بكثير ففي العام ١٧٤٦، وصف العالم الألماني أندرياس مارغراف Andréas Margraf (١٧٠٩ - ١٧٨٢) طرق استخلاص التوتياء من فلز الكالامين Calamine وفلز السفاليريت Sphalérite مما أدى إلى البدء في تصنيع التوتياء أولاً بمصنع بريستول الشهير Bristol (بريطانيا) ثم في العديد من المصانع الأخرى فيما بعد.

تقوم عملية تعدين التوتياء على إرجاع فلز التوتياء الطبيعي ثم تبخيره وتكثيف هذه الأبخرة بعد ذلك في وعاء بارد خاص بذلك. أما السبب الرئيسي في تأخر تعدين التوتياء في أوروبا فكان سببه أن إرجاع هذا المعدن انطلاقاً من أكسيده بواسطة الفحم الحجري يتطلب التسخين إلى

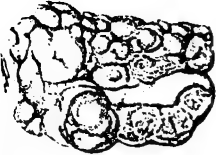
## ٢- التواجد في الطبيعة

ينتمي عنصر التوتياء إلى المعادن متوسطة الانتشار في الطبيعة. وفلزّه الرئيسي هو البْلَنْد Blend أو السفاليريت Sphalérite ذو الصيغة الكيميائية  $ZnS$  والكالامين Calamine ذو الصيغة  $ZnCO_3$  الذي كان يُدعى سابقاً باسم مكتشفه الأميركي سميث سونيت Smith Sonite.

أما التوتياء النقية فهي معدن لامع فضي اللون مائل للزرقة، فعاليته الكيميائية عالية. يكتسي إذا وجد بالهواء الطلق بطبقة رقيقة تتألف بنيتها الكيميائية من كربونات التوتياء  $ZnCO_3$  وماءات التوتياء  $Zn(OH)_2$  وليس أكسيد التوتياء  $ZnO$  كما يحدث لباقي المعادن عادة (الصدأ التقليدي). ذلك أن التوتياء تفاعل مع أكسجين الجو والرطوبة العالقة في الهواء ومع حمض الكربون الضعيف الموجود في الهواء بآثار زهيدة. ونفس هذه الطبقة الرقيقة تشكل بوجود الهواء الرطب على الحديد والمعادن الأخرى المطلوبة بالتوتياء، مما دعا إلى استخدام التوتياء لطلاء المعادن المختلفة المعرضة للعوامل الجوية بهدف حمايتها من الصدأ والتآكل (تقريباً نصف إنتاج التوتياء العالمي يذهب في هذا المجال).

## ٣- الفوائد والاستخدامات

إن أكسيد التوتياء  $ZnO$  مركب أساسي في



الكالامين Calamine أو كربونات التوتياء كان المصدر الرئيسي تقريباً لكل التوتياء الذي أُنتج قبل عام ١٨٨٠. وبعد ذلك حل محله البْلَنْد Zinc Blend.

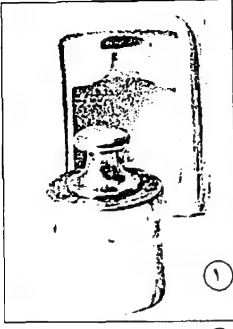


البْلَنْد Blend أهم خامات التوتياء وهو عادة بني مصفر أو أسود بني مصفر أو أسود ضارب إلى البني.



ويليميت Willemite من فلزات التوتياء الهامة أيضاً. يُستخرج بشكل رئيسي في الولايات المتحدة الأميركية.





١



٢



٣



٣



٥

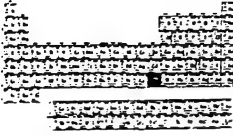
من استعمالات التوتياء الكثيرة:

- ١ - استعماله في صنع النحاس الأصفر (سيكة النحاس مع التوتياء).
- ٢ - ٣ - يدخل في صنع شاشات الرادار وأجهزة التلفزيون.
- ٤ - يدخل كبريت الرصاص ZnS في صنع الدهانات.
- ٥ - يستعمل لصنع بعض أنواع الخلايا الملقائية.

التلفزيون والرادارات والأوسيلوغراف Oscillographe وسواها. وللتوتياء فوائد في مجال الطب أيضاً، حيث تستخدم أملاح التوتياء بوصفها مواد قابضة وكاوية (الترهم التوتياتي وسائل كلوز التوتياء مثلاً).

تصنيع الزجاج حليبي اللون، ومراهم التوتياء الشهيرة التي تستخدم لمعالجة الالتهابات الجلدية. أما كبريت التوتياء ZnS فهو مركب يسطع بالضوء تحت تأثير الأشعة الميضية (الإلكترونية). لذلك نراه يغطي شاشات

## الزئبق Hydrargyrum



|                |        |
|----------------|--------|
| الرمز          | Hg     |
| العدد الذري    | ٨٠     |
| الكتلة الذرية  | ٢٠٠.٥٩ |
| حرارة الانصهار | ٣٨.٨٩  |
| حرارة الغليان  | ٣٥٦.٦٦ |

حرارة الغرفة ويبخر بشكل واضح فيها يعطي أبخرة غاية في السُمِّية. وهو ينقل الحرارة والكهرباء بشكل سيئ (أقل من الفضة بـ ٥٠ مرة). ومن صدته الفيزيائية الأخرى أنه يحل محل العديد من المعادن مما يؤدي لتشكيل ما يعرف باسم المِلاغم amalgams.

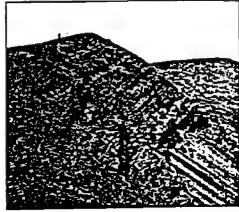
### - الصفات الكيميائية

الزئبق معدن كسول كيميائياً، لا يتأكسد بأكسجين الهواء كسائر المعادن الشمينية الأخرى ولا يتفاعل مع باقي عناصر الهواء. وهو كي يتفاعل مع الأكسجين لا بد من تسخينه إلى درجة قريبة من درجة غليانه. ويذكر هنا أن العديد من المعادن

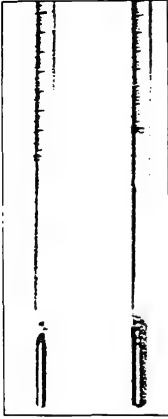
الزئبق عنصر نادر الوجود ومشتت من حيث التوزيع الجغرافي. وعلى الرغم من ذلك فهو معروف منذ القدم. وأغلب الظن أن الإنسان كان قد تعرّف لأول مرة على الزئبق من خلال استخلاصه من فلزّه الرئيسي الذي يتواجد به وهو فلز الزئبق Cinnabar ذو الصيغة  $HgS$  واللون الأحمر الصريح. كما يشاهد هذا المعدن في الطبيعة أحياناً بشكل آخر التصرف.

### - الصفات الفيزيائية

الزئبق معدن ثقيل (١٣.٥٢ غ/سم<sup>٣</sup>) ذو لون أبيض فضي نحاع يبقى سائلاً في درجة



يوجد الزئبق عادة في الصخور ذات الأصل البركاني ونرسات السابح الحارة التي تكثر في مثل هذه المناطق. في الصورة قمة محروطة بركان اناك كراكاتو Anak Krakatou في حاف Java (إندونيسيا).



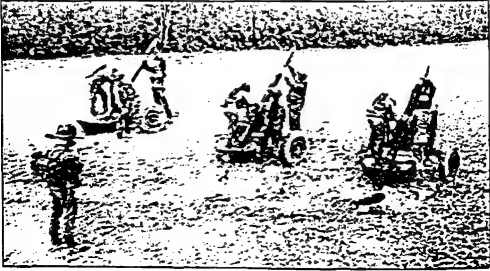
تحتوي  
موازين  
الحرارة في  
مخازنها على  
الزئبق  
الأبيض  
اللامع

كالتوتياء مثلاً تسرع مثل هذا التفاعل.

يتفاعل الزئبق مع الهالوجينات الفعالة كيميائياً بشكل أسهل من تفاعله مع الأكسجين كما يستطيع التفاعل مع حمض الأزوت الكثيف ولدى تسخينه يتفاعل أيضاً مع حمض الكبريت. إن كل مركبات الزئبق سامة للغاية والعمل مع هذه المركبات يجب أن يتم بمتى الخذر حفاظاً على الصحة.

#### ٢- الفوائد والاستخدامات

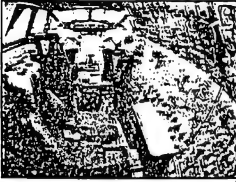
يستخدم الزئبق بأشكال متعددة. وكل منا لا بد وأنه استعمل في يوم من الأيام ميزان الحرارة الزئبقي أو مقياس الضغط الجوي ومقاييس الأنفاق مختلفة. ومنه تصنع أنواع



الزئبق المفرق (مبانات الزئبق)  $Hg(ONC)$  مادة شديدة الانفجار تستعمل في كسولات الانفجار وأجهزة التفجير.

الزئفر، مادة حمراء تستعمل كطلاء. ويعرف كلوريد الزئبق  $HgCl_2$  باسم السليمانى. السم القوي الشهير الذي يستعمل كمعقم في الطب ولتطهير البذور في الزراعة. وكوسيط في الكيمياء العضوية ولتشريب الخشب والتصوير ولصنع الأقمشة وصناعة الأدوية ومجالات كثيرة أخرى.

المصباح الخاصة المعروفة باسم المصابيح الزئبقية (أنابيب تحتوي على أبخرة الزئبق تعطي لدى مرور الشحنة الكهربائية فيها ضوءاً أزرق ساطعاً). أما أكسيد الزئبق  $HgO$  فهو مادة حمراء تستعمل كمؤكسد في الاصطناع العضوي والكيمياء التحليلية وفي صنع الدهانات والطب. وكبريتيد الزئبق،



يشارك الزئبق في تركيب العديد من أجهزة القياس المختلفة الموجودة في غرفة قيادة هذه الطائرة.

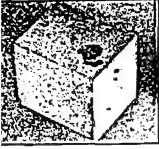


يدخل الزئبق في تركيب حشوات الأسنان المعدنية (الملاغم Amalgams) التي تتألف من ٤٣٪ فضة و ٢٥.٤٪ نحاس و ٢٪ زئبق و ٢٩.٦٪ قصدير.

### النحاس Cuprum

|                |        |
|----------------|--------|
| النحاس         | Cu     |
| العدد الذري    | ٢٩     |
| الكتلة الذرية  | ٦٣.٥٤٦ |
| حرارة الانصهار | ١٠٨٣   |
| حرارة الغليان  | ٢٦٠٠   |

يدخل النحاس في بنية أكثر من ١٧٠ فلز طبيعي، منها ١٧ فلز هام من الناحية الاقتصادية الصناعية. ويعتبر البيريت Pyrite ذو الصيغة  $Cu Fe S_2$  من أهم هذه الفلزات وأكثرها استخداماً لاستخراج هذا المعدن. وأحياناً يُصادف النحاس في الطبيعة بالشكل النقي. النحاس النقي معدن ثقيل كثيف. تبلغ



مكعب من  
البيريت  
 $\text{CuFeS}_2$

كشافته ٨,٩٦ غ/سم<sup>٣</sup>. ذو لون أحمر، يُعطي إذا قُطِعَ إلى طبقات رقيقة ألواناً زرقاء - خضراء. وهذه الألوان هي نفسها التي نشاهد في العديد من مركبات النحاس سواء الموجودة في الحالة الصلبة أم المنحلة في السوائل.

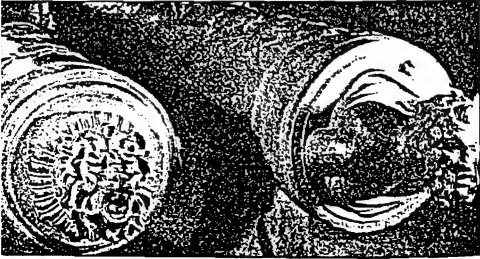
الناحية الكيميائية، لا يتأكسد في الجو الجاف وفي جو من الأكسجين في الظروف الطبيعية (لا يصدأ). إلا أنه يدخل التفاعل بسهولة نسبية مع الهالوجينات والكبريت والسيليونيوم.

مع مرور الزمن وبوجود الرطوبة تكتسي المصنوعات والمواد التي تحتوي على النحاس ومركباته بطبقة خضراء داكنة صيغتها  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ . وهذه الصيغة هي نفسها صيغة المالاكيت Malachite، الفلز النحاسي الجميل والهام في آن معاً.

وهو واحد من السبعة معادن المشهور والمعروفة منذ القدم، لدرجة أن أطلق المؤرخون اسم «العصر النحاسي» على عصر طويل من عصور البشرية. كما دُعِمَ

الصفات الكيميائية

النحاس معدن قليل الفعالية نسبياً من



مدافع إيطالية تعود إلى القرن السادس عشر مصنوعة من البرونز. (سبكة النحاس مع القصدير)

عصر طويل آخر بالعصر البرونزي. من مركبات النحاس التي يدخل في تركيبها البرونز هو سبيكة النحاس مع القصدير. عنصر الشوتباي بشكل رئيسي. وتلعب سبائك النحاس مع النيكل التي يدخل في تركيبها عنصر الكوبالت أيضاً أدواراً متعددة هامة أخرى.

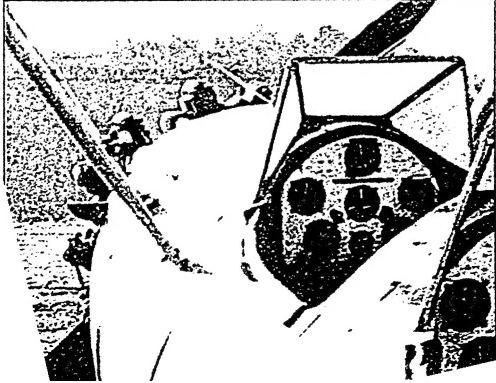
الآخري كالألمنيوم والسيليسيوم والبريليوم يستطيع أن يحل

محله إلى جانب النحاس في مثل هذه

السبائك. البرونز أقوى من النحاس من حيث الصلابة والمتانة. كما أن نسبة النحاس أو النحاس الأصفر Brass، مركب هام آخر

– الفوائد والاستخدامات

للنحاس أهمية خاصة في صناعة الكهرباء لأنه يحتل المرتبة الثانية من حيث الناقلية الجيدة بعد الفضة. إلا أنه في الصناعات

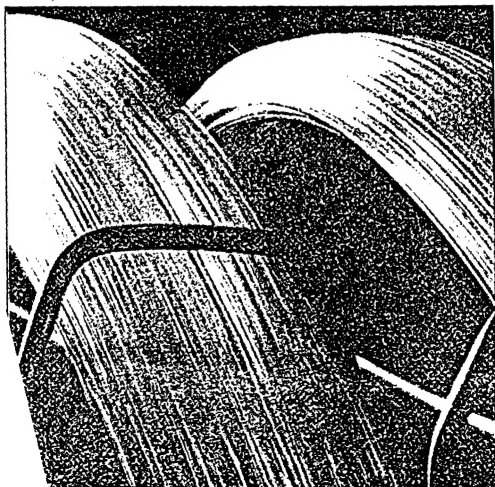




يستعمل النحاس الصرف وخلاتظه مع النيكل  
لصناعة وسك النقود.



تستخدم أملاح النحاس السامة في القضاء علي  
الحشرات الضارة بالمرروعات وكسماد مغذ أيضا.



غذاء النحاس الذهبية الجميلة. عصب الصناعات الكهربائية.

الحديثة يُستبدل النحاس، الذي كان يذهب نصف ما يُستخرج منه عالمياً، إلى صناعة الأسلاك الكهربائية وما شابه ذلك، بالآلنيوم. لكونه أسهل استخراجاً وأوفر ثمناً، علماً بأنه أسوأ من حيث الناقلية. والنحاس من المعادن الآخذة بالانقراض إذا صح التعبير، نظراً لاستعمال البشرية المتزايد له على مدى القرون الطويلة. وإذا كان النجم النحاسي الذي يحتوي على ٦ - ٩٪ من خاماته نحاساً، يعتبر جيداً في القرن التاسع عشر، فالיום يكفي ٥٪ فقط لاعتبار هذا النجم اقتصادياً. وهناك بعض الدول التي تستخرج النحاس من مناجم تحتوي

٥٠٪ فقط من خاماتها نحاساً. أهمية النحاس بالنسبة للحياة كبيرة. فهو يدخل في عمليات التركيب الضوئي Photosynthèse ويُشارك في تمثيل ASSIMILATION العديد من المواد كالسكريات والبروتينات والفيتامينات. وبالنسبة للإنسان على وجه التحديد يتمثل عوز النحاس Carence de Cuivre بازدياد مستوى الكوليسترول في الدم ونزع المعادن من العظام وفقر الدم وهشاشة الشرايين الكبيرة. ذلك أن النحاس ضروري لعمل عشرات الأنظمة Enzymes الهامة لاستقلاب Métabolisme الجسم القويم.

### الذهب Aurum

|                |         |
|----------------|---------|
| الرمز          | Au      |
| العدد الذري    | ٧٩      |
| الكتلة الذرية  | ١٩٦,٩٦٧ |
| حرارة الانصهار | ١٠٦٤    |
| حرارة الغليان  | ٢٩٤٧    |

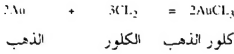
الذهب معدنٌ نادرٌ يتواجد بكميات قليلة جداً في القشرة الأرضية وبالشكل النقي دائماً على هيئة عروق أو حبات (أحجار صغيرة) ذهبية ضئيلة الحجم تتوضع في مناجم الذهب أو مبعثرة في الرمال الحاملة للذهب. في أيامنا هذه يُعتبر النجم معترفاً به إذا تم الكشف عن بضعة غرامات من الذهب لكل طن كامل من الخام الحامل له. وتُعتبر طريقة حل الذهب بواسطة سيانيد





والقى الشرق منها في ثيابي  
دنانير تغسر من السنان

القلوية كالصوديوم مثلاً. وبالإمكان الحصول على ثلاثي كلور الذهب بتفاعل الكلور مع الذهب مباشرة تحت درجة حرارة ١٥٠ فقط.



#### – الفوائد والاستخدامات

ليس الذهب معدن الصاغة والإبداعات المصرفية ووحدات النقد فقط، بل هو مهم من الناحية الكيميائية أيضاً ويستعمل في طب الأسنان والصناعات الإلكترونية على شكل سبائك من البلاتين والفضة. أما في ورشات الصياغة فلا يستعمل الذهب الصافي أبداً، بل خلانط وسبائك الذهب مع النحاس والفضة. لأن الذهب النقي لين يمكن حزه بالأظافر وتشويه صورته بالأيدي.

الصوديوم، الطريقة الأكثر أهمية بعملية تخليص الذهب من الشوائب العالقة به. كما يستخلص الذهب أحياناً أثناء استخراج فلزات النحاس والفلزات المركبة الأخرى. في العصور القديمة، اعتبر العاملون في مجال الكيمياء أن الذهب «ملك المعادن». وذلك لشكله الأنيق الخذاب، وعدم تغير بريقه مع الزمن ومقاومته لكل المواد الأخرى. فهو لا يتفاعل مع الأكسجين والهيدروجين والكربون والأزوت والحموض والقلويات حتى عند التسخين. أما المواد التي تؤثر عليه فهي خليط حمض الأزوت وحمض كلور الماء، وماء الكلور ومحاليل سيانيدات المعادن



قطعة حلي ذهبية كانت تستخدم لربط الحزام على  
أخصر. تعود لأحد أمراء التارتار Tartares الذين سطوا  
مفوضهم من سبيريا الشرقية إلى مولدافيا Moldavia ما  
بين القرن الثالث عشر والرابع عشر ميلادي.